



Системы ESC автомобилей Audi

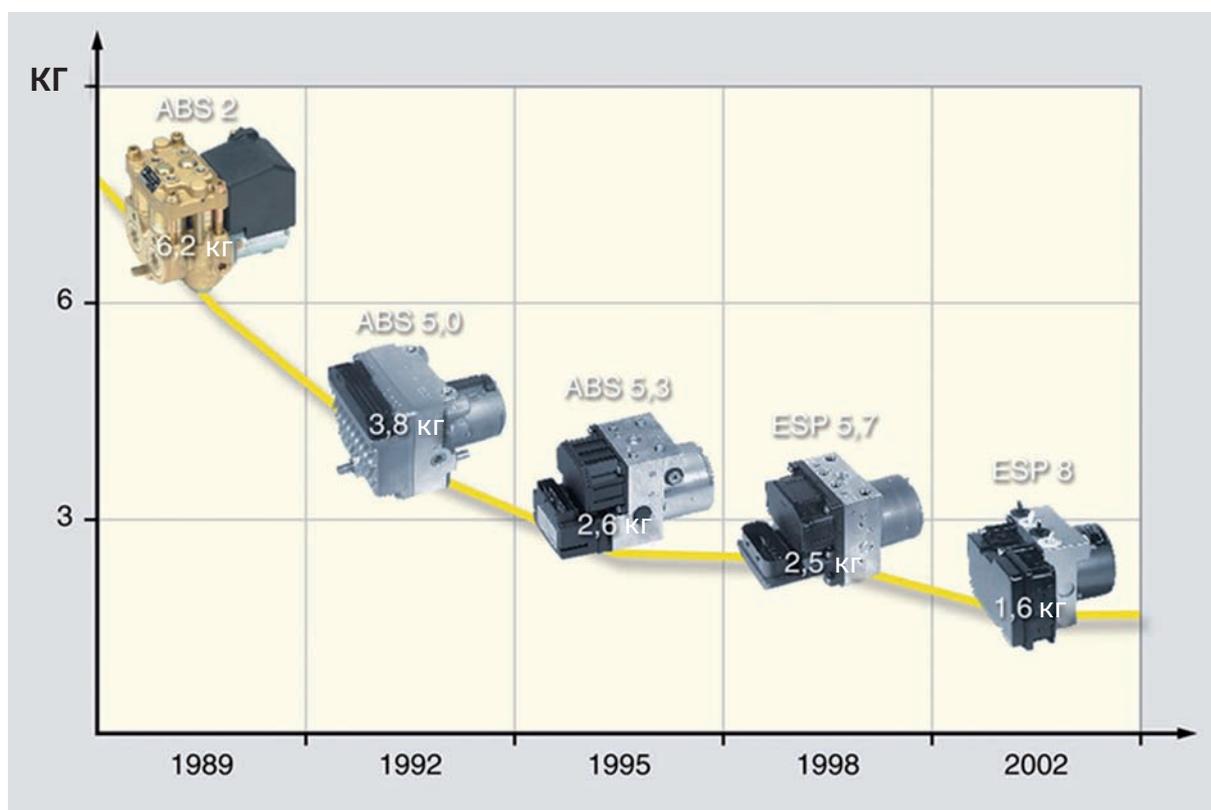
Введение

Огромный вклад в обеспечение активной безопасности вносят сегодня системы поддержки водителя, базирующиеся на процессах автоматического торможения, и системы контроля проскальзывания колёс. Эти системы стали настолько привычными, что при ежедневном вождении мы уже не замечаем их работу и воспринимаем их как должное.

За последние годы произошло бурное развитие различных систем поддержки водителя, ставшее возможным благодаря достижениям в области разработки и производства электронных компонентов, которые сделали их доступными для установки в автомобиль. Совместное использование отдельных функций, обмен данными между разными системами и их совместная работа стали логическим следствием этого процесса.

Понимание принципов работы отдельных систем и их взаимосвязи друг с другом является для сотрудников службы сервиса непростой, но очень важной задачей. Эти знания необходимы для того, чтобы быть в состоянии квалифицированно объяснять клиентам работу различных функций и приёмы управления ими. Они также исключительно полезны при проверке различных систем, распознавании, диагностировании и, в конечном итоге, устранении неисправностей в них.

Передача читателю базовых знаний о принципах работы и устройстве таких систем является целью данной программы самообучения.



Тенденция к уменьшению размеров и массы блока ABS/ESC (блок управления и гидравлический блок) на примере системы производства компании Bosch.

475_001

В связи с заменой в 2012 году во всех марках концерна обозначения ESP на ESC в этой программе самообучения впервые используется аббревиатура ESC (Electronic Stability Control). В наименованиях компонентов, например, «Блок датчиков ESP G419», может использоваться старая аббревиатура.

При этом названия/обозначения отдельных компонентов, содержащие аббревиатуру «ESP», продолжают пока использоваться в соответствующих документах и системах службы сервиса.

Основы динамики автомобиля

Сцепление шин автомобиля с дорожным полотном 5

Обзор систем

Классификация систем 11

Системы, базирующиеся на ABS/ESC

Антиблокировочная система (ABS) 12

Система электронного распределения тормозных сил (EBV) 21

Электронная блокировка дифференциала (EDS) 23

Антипробуксовочная система (ASR) 26

Регулирование крутящего момента при торможении двигателем (MSR) 28

Электронная система поддержания курсовой устойчивости (ESC) 29

Гидравлический тормозной ассистент (HBA) 39

Электронная блокировка межколёсного дифференциала 41

Селективное перераспределение крутящего момента между колёсами 43

Системы облегчения трогания с места 44

Ассистент трогания на подъёме 44

Ассистент начала движения 47

Ассистент движения на спуске 49

Функция удаления влаги с тормозных дисков 51

Система поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом 53

Компенсация падения эффективности тормозов при нагреве (FBS) 54

Оптимизированный гидравлический усилитель тормозов (OHV) 55

Система контроля давления в шинах (RKA) 56

Распознавание багажника на крыше 57

Внешние системы

Электромеханический стояночный тормоз (EPB) — функция аварийного торможения 58

Круиз-контроль (GRA+) 59

Адаптивный круиз-контроль (ACC) 60

Системы, используемые ESC

Динамическое рулевое управление 64

Driver Steering Recommendation (DSR) 66

Приоритет работы систем 67

Управление и индикация 68

Техническое обслуживание 71

Контрольные вопросы 76

► Эта программа самообучения содержит базовую информацию по устройству новых моделей автомобилей, конструкции и принципах работы новых систем и компонентов.

Она не является руководством по ремонту! Указанные значения служат только для облегчения понимания и действительны на момент составления программы самообучения.

Для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо использовать актуальную техническую литературу.



**Важные указания /
предупреждения**



**Дополнительная
информация**

Названия и аббревиатуры систем, используемые в данной программе самообучения

Используются названия систем, принятые в документах Audi AG для российского рынка. В отдельных случаях в сервисной литературе могут встречаться другие варианты названий, как правило, при этом речь идёт о рабочих названиях, использовавшихся в период разработки или их отличающихся переводах. В крайнем правом столбце таблицы указаны номера страниц, на которых можно найти подробную информацию по соответствующим системам или функциям.

Название и обозначение	Сокращение	Страница
Антиблокировочная система	ABS	12
Электронный регулятор распределения тормозных сил	EBV	21
Электронная блокировка дифференциала	EDS	23
Антипробуксовочная система	ASR	26
Система регулирования крутящего момента при торможении двигателем	MSR	28
Электронная система поддержания курсовой устойчивости	ESC	29
Гидравлический тормозной ассистент	HBA	39
Электронная блокировка межколёсного дифференциала	-	41
Селективное перераспределение крутящего момента между колёсами	-	43
Ассистент трогания на подъёме	-	44
Ассистент начала движения	-	47
Ассистент движения на спуске	-	49
Функция удаления влаги с тормозных дисков	-	51
Система поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом	-	53
Компенсация падения эффективности тормозов при нагреве	FBS	54
Гидравлический усилитель тормозов	OHV/HBV	55
Система контроля давления в шинах (plus)	RKA(+)	56
Распознавание багажника на крыше	-	57
Электромеханический стояночный тормоз — функция аварийного торможения	EPB	58
Круиз-контроль plus	GRA+	59
Адаптивный круиз-контроль	ACC	60
Динамическое рулевое управление	-	64
Driver Steering Recommendation (Активный ассистент рулевого управления)	DSR	66

Основы динамики автомобиля

Рассмотрим сначала коротко физические основы сцепления колёс с дорогой, существенные для понимания работы систем, которым посвящена эта программа самообучения.

Сцепление шин автомобиля с дорожным полотном

Взаимодействие автомобиля с дорогой происходит в местах соприкосновения шин с дорожным покрытием, так называемых пятнах контакта шин. На практике пятна контакта имеют форму, близкую к овалу.

Через пятна контакта передаются как силы, действующие со стороны автомобиля на дорогу (например, масса), так и силы, действующие со стороны дороги на автомобиль и вызывающие его движение в том или ином режиме, например, ускорение или торможение, движение по прямой или поворот.

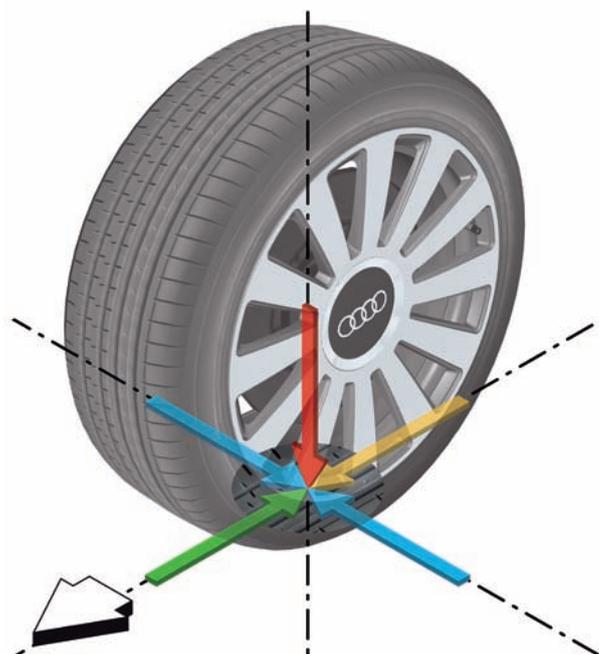


Силы, действующие в пятне контакта

Через пятно контакта на автомобиль в разных ситуациях могут действовать разные силы реакции. Всегда действуют силы реакции опоры, противоположные массе автомобиля, распределённые по осям и колёсам. Помимо них в различных динамических ситуациях могут действовать силы тяги и торможения, а также боковые направляющие силы. Все эти виды сил отличаются направлением своего действия. Силы реакции опоры, как и масса автомобиля, действуют в вертикальном направлении. Силы тяги действуют в направлении движения, силы торможения — в направлении, противоположном движению.

Боковые направляющие силы возникают при движении в повороте. Под действием этих сил колесо начинает катиться по дуге, то есть они действуют практически под прямым углом к силам тяги и торможения (в поперечном направлении). В дальнейшем мы будем рассматривать силы, действующие в плоскости, параллельной дороге, так как именно они наиболее важны для динамики автомобиля. Это силы тяги и торможения (продольные) и боковые направляющие силы (поперечные).

-  **Масса**
-  **Боковая направляющая сила**
-  **Сила торможения**
-  **Сила тяги**



475_002

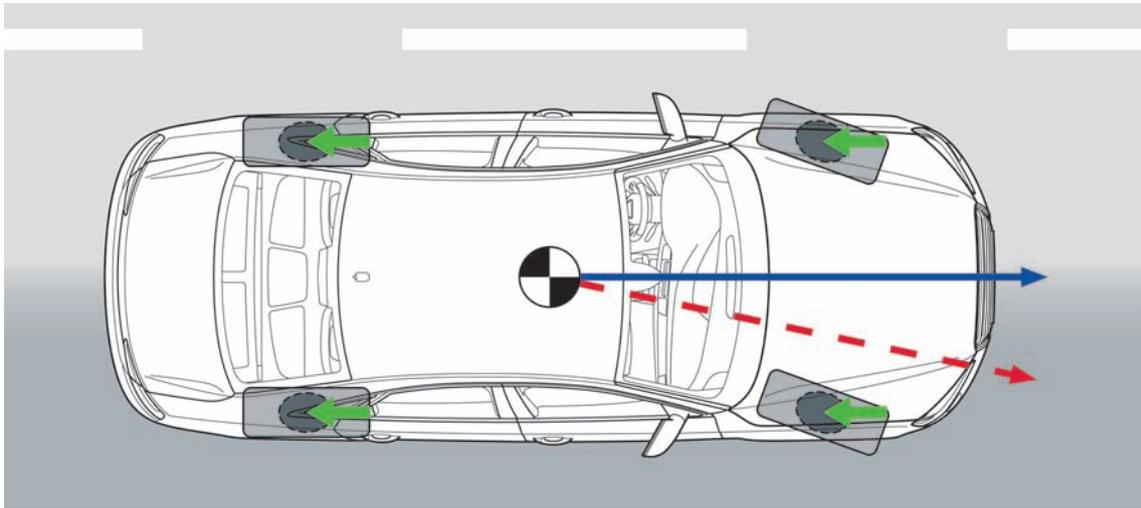
475_003

Соотношение сил в пятне контакта — круговая диаграмма сил

Силы, которые мы рассматриваем, не только ограничены силой сцепления шины с дорогой (максимальной силой, которая может быть передана в пятне контакта без срыва колёс в проскальзывание), но и зависят друг от друга. Это можно пояснить на следующем примере.

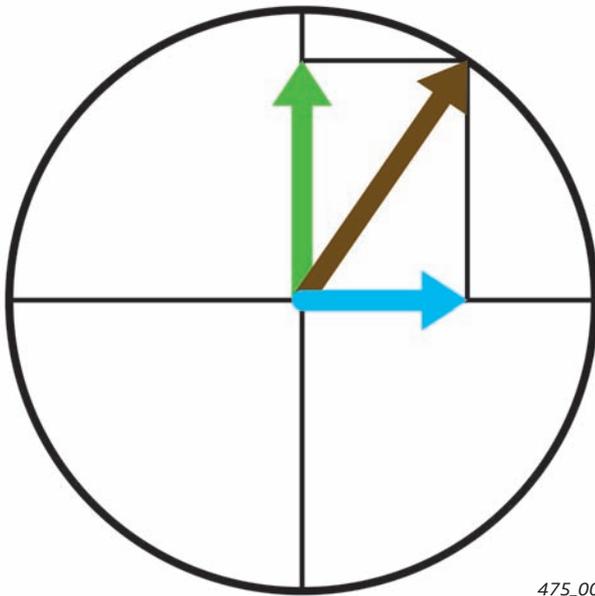
Автомобиль без ABS при движении прямо тормозит с такой силой, что передние колёса находятся на грани блокирования.

В этот момент водитель, чтобы объехать препятствие, ещё и поворачивает рулевое колесо. Но несмотря на поворот управляемых колёс, автомобиль продолжает движение прямо — боковые направляющие силы не действуют.

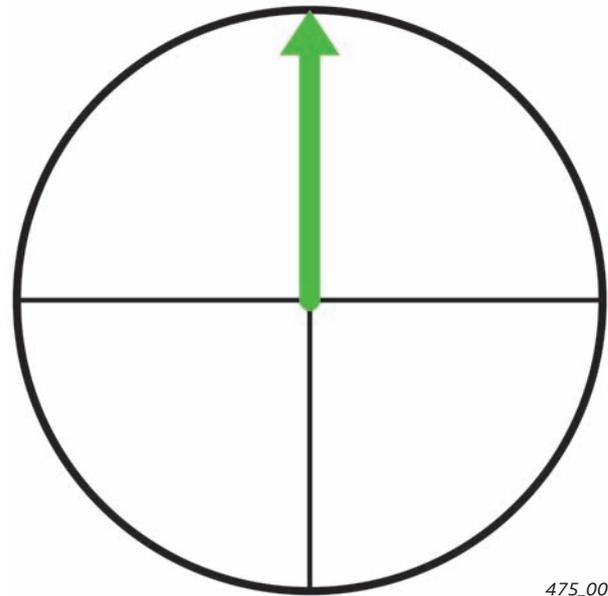


475_004

Дело в том, что меньше максимально возможной силы сцепления должна быть не каждая из сил по отдельности, а их векторная сумма, то есть равнодействующая сила. Наглядно соотношение продольных и поперечных сил демонстрирует так называемая круговая диаграмма сил.



475_005



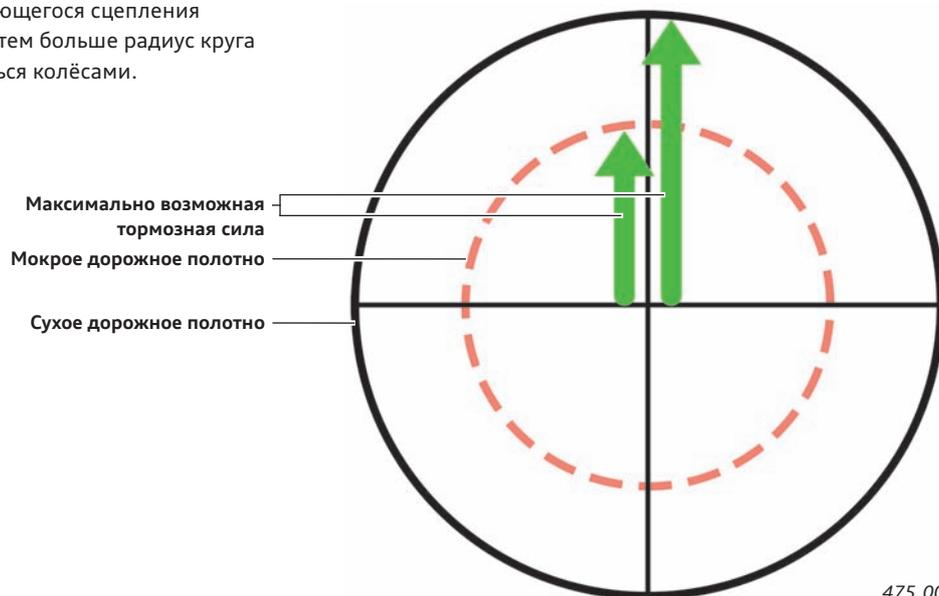
475_006

-  Результирующая сила
-  Боковая направляющая сила
-  Продольная сила (тормозная сила)

Радиус круга на диаграмме соответствует сцеплению колеса с дорогой, то есть максимальной результирующей силе, которая может быть передана колесом на дорогу, а проекции вектора результирующей силы на вертикальную и горизонтальную оси — максимальным продольным и поперечным силам. Максимальная сила, которую можно реализовать в поперечном направлении (боковая направляющая сила) зависит, таким образом, от сцепления колёс с дорогой и от фактически реализуемой продольной силы (тяги или торможения), и наоборот.

Круговая диаграмма сил для приведённого выше примера: На диаграмме видно, что максимально возможная сила торможения уже «выбрала» весь потенциал сцепления колёс с дорогой, и они не могут больше воспринимать боковые направляющие силы. Поэтому автомобиль продолжит движение прямо, несмотря на поворот управляемых колёс.

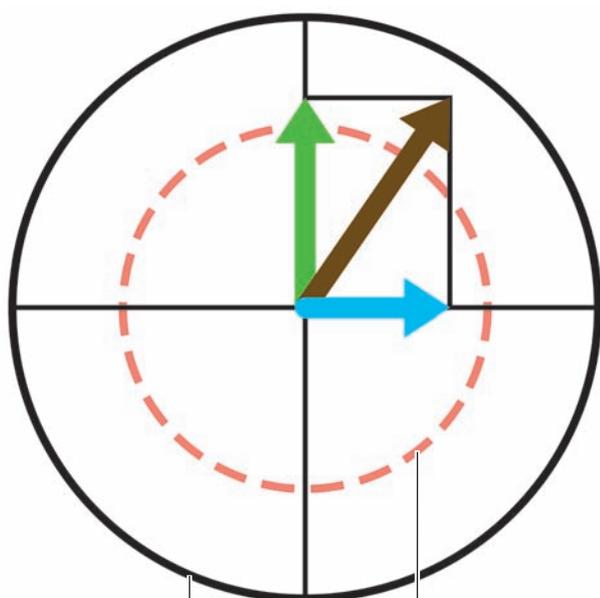
Радиус круга диаграммы зависит от имеющегося сцепления колёс с дорогой. Чем лучше сцепление, тем больше радиус круга и тем большие силы могут восприниматься колёсами.



Если в ходе, например, торможения свойства дорожного полотна изменяются (например, сухое-мокрое), может получиться, что силы, которые до этого находились в допустимых пределах, окажутся теперь слишком большими. В таких случаях включаются электронные функции поддержки водителя, которые будут рассмотрены далее.

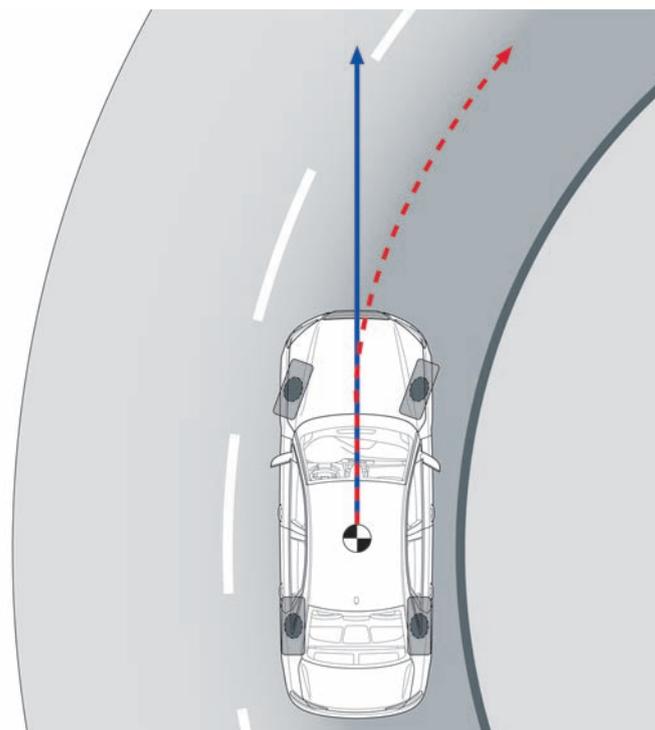
На этой круговой диаграмме сил представлена следующая ситуация. Автомобиль движется по сухой дороге, в повороте водитель тормозит, чтобы снизить скорость. При этом имеющийся потенциал сцепления колёс с дорогой не исчерпывается до конца. Однако во время торможения автомобиль проезжает мокрый участок. Изменение свойств поверхности дороги приводит к изменению сцепления шин с дорогой, и максимально возможные силы, которые могут быть переданы в пятне контакта, заметно уменьшаются.

В показанном примере заданные водителем тормозные силы слишком велики, чтобы одновременно обеспечить восприятие колёсами ещё и боковых направляющих усилий. Без вмешательства систем поддержания курсовой устойчивости автомобиль может потерять управляемость. Неспособность восприятия боковых направляющих сил приведёт к тому, что автомобиль не сможет удержать заданный радиус поворота и его может вынести на встречную полосу.



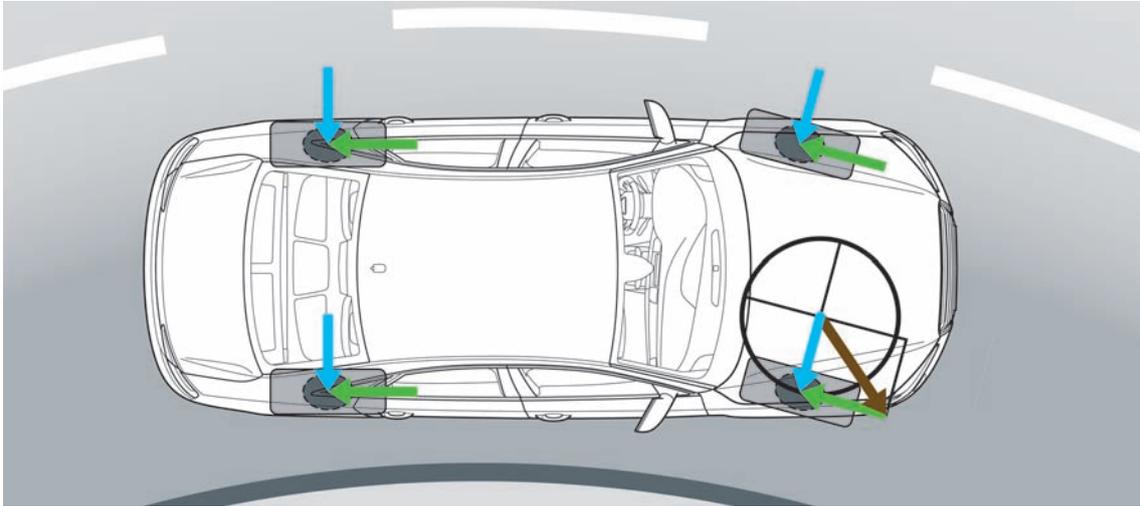
Сцепление колёс с дорогой: сухое дорожное полотно

Сцепление колёс с дорогой: мокрое дорожное полотно



На показанном ниже втором примере автомобиль движется в повороте так, что боковые направляющие силы выбирают полностью весь потенциал сцепления колёс с дорогой. Если водителю теперь будет необходимо затормозить, например, из-за автомобиля, которые едет впереди медленнее, то колёса не смогут передать на дорогу необходимые тормозные силы.

Под воздействием тормозных сил, созданных тормозными механизмами, лишившиеся сцепления с дорогой колёса заблокируются. Потерявший курсовую устойчивость автомобиль покинет свою полосу движения, что создаст серьёзную аварийную ситуацию.



475_009

Благодаря своему упрощённому характеру круговая диаграмма наглядно показывает соотношение основных сил, действующих в пятне контакта. Максимальная абсолютная величина суммарной силы, которую шина может передать на дорогу (радиус круга диаграммы) зависит, прежде всего, от условий трения между шиной и дорожным полотном. Если рассмотреть пятно контакта под большим увеличением, то будет видно, что неровности дороги входят в своего рода «зацепление» с материалом шины. Чем глубже такое зацепление, тем больше сила трения между шиной и дорогой и, соответственно, тем большие силы могут через него передаваться.

Критерии, определяющие величину трения между шиной и дорогой:

- ▶ материал дорожного полотна (асфальт, бетон и т. д.);
- ▶ свойства поверхности протектора шины (состав резины);
- ▶ состояние дорожного полотна (сухое, мокрое, лёд и т. д.);
- ▶ скорость автомобиля;
- ▶ температурная характеристика шины (то есть, например, разница между летними и зимними шинами);
- ▶ температурная характеристика дорожного полотна.



«Зацепление» между шиной и поверхностью дороги

475_010

Коэффициент трения μ

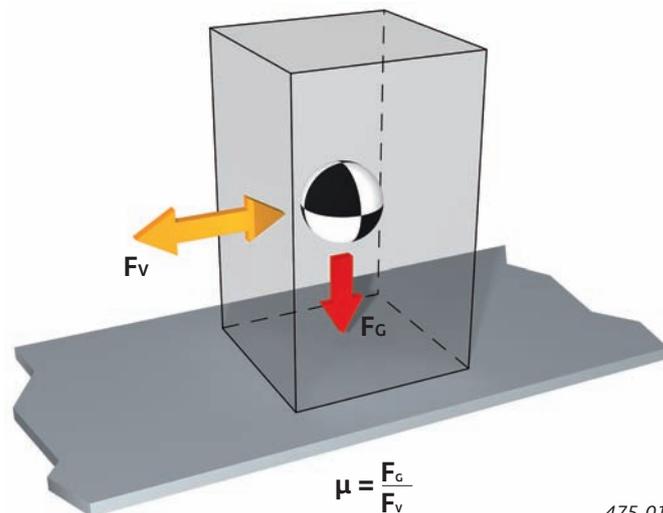
Передача сил с покрышки на дорожное полотно и наоборот возможна только благодаря трению, без него ведущие колёса просто проворачивались бы и автомобиль не трогался бы с места. При затормаживании вращающихся колёс на движущемся автомобиле они бы, наоборот, блокировались, не вызывая уменьшения скорости автомобиля. Способность поверхностей двух тел создавать силу трения описывается коэффициентом трения μ , который определяется как отношение силы, с которой одно тело прижимается к поверхности другого, к силе, которую нужно приложить, чтобы сдвинуть одно из этих тел относительно другого. Наибольшее значение силы сдвига достигается в момент перехода от трения покоя (тела неподвижны друг относительно друга) и к трению скольжения (тела скользят друг относительно друга). Коэффициент трения в этом состоянии называется коэффициентом трения покоя. Коэффициент трения для двух скользящих друг относительно друга тел называется коэффициентом трения скольжения. В паре шина-дорога, однако, эти два случая нельзя чётко разделить. При реальном качении колеса между шиной и дорожным полотном имеет место как трение покоя, так и трение скольжения. Основными факторами, определяющими коэффициент трения в паре шина-дорога являются следующие:

- ▶ состояние поверхности дорожного полотна;
- ▶ состояние шины;
- ▶ скорость автомобиля.

Примерные значения коэффициента трения для разных типов и состояний дорожного полотна при скорости 60 км/ч:

- ▶ сухой асфальт: 0,9;
- ▶ мокрый асфальт: 0,4;
- ▶ сухой бетон: 0,9;
- ▶ мокрый бетон: 0,5.

При использовании особых типов резины для специальных применений (например, для автомобильных гонок) могут быть реализованы значения коэффициента трения покоя >1 (в автомобильных гонках примерно до 2).



475_011



475_012

Упругое проскальзывание

При передаче колесом усилий на дорогу резиновые элементы шины в области контакта нагружаются, и в них возникают внутренние напряжения (в направлении, параллельном дороге), за счёт которых такая передача, собственно, и становится возможной. В результате попеременного растяжения и сжатия резиновых элементов шина в целом постоянно «проворачивается» относительно дороги. Состояние, в котором скорость вращения шины не совпадает со скоростью автомобиля и при этом в пятне контакта имеются точки, в которых обе поверхности — шины и дороги — неподвижны друг относительно друга, называют упругим проскальзыванием колеса.

На иллюстрации схематически показан процесс деформации шины в пятне контакта катящегося колеса. При этом цельный материал шины условно разбит на большое число отдельных резиновых элементов. Попадая в пятно контакта, каждый такой элемент шины нагружается в продольном направлении. Вследствие эластичных свойств резины это вызывает деформацию элемента. Когда элемент шины покидает пятно контакта с противоположной стороны, нагрузка с него снимается, и он упруго возвращается в исходное состояние.

$$\frac{V_F - V_R}{V_F} \cdot 100 \%$$

V_F = скорость автомобиля

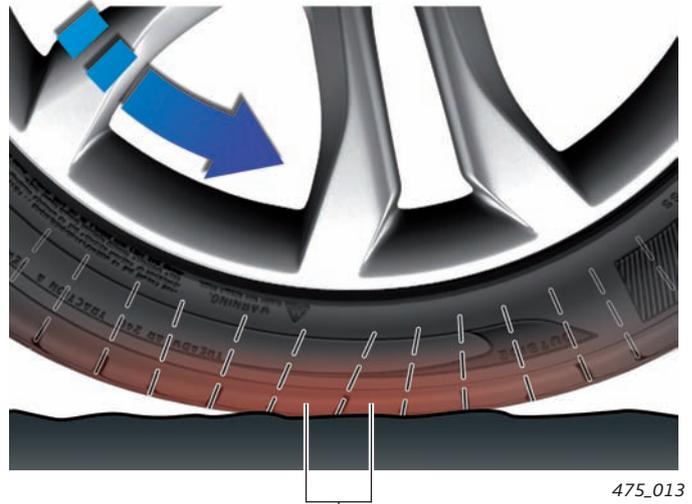
V_R = скорость колеса

475_014

Другие факторы, влияющие на максимальные значения передаваемых усилий:

Помимо коэффициента трения, максимальные усилия, которые могут быть переданы в пятне контакта, зависят также от массы (весовой нагрузки на колесо) и от площади пятна контакта. С увеличением нагрузки на колесо или с увеличением пятна контакта увеличивается и максимальное значение передаваемого усилия. Поэтому на автомобилях с более мощными двигателями используются, соответственно, и шины большей размерности.

В зависимости от того, передаёт ли колесо силу тяги или силу торможения, различают, соответственно, упругое проскальзывание тяги и торможения. Оптимальные условия для передачи крутящего момента в режиме тяги создаются при величине упругого проскальзывания до примерно 10 %. В этом диапазоне возможна передача максимальных тяговых усилий.



Деформированные
элементы шины

В режиме тяги упругое проскальзывание имеет отрицательные значения.

При торможении, соответственно, наоборот.



475_015

Классификация систем

История бурного развития систем контроля проскальзывания началась с антиблокировочной системы тормозов ABS. Последовавшие за ней ASR и EDS, как и сама ABS, были «классическими» системами контроля проскальзывания; то есть системами, которые за счёт удержания проскальзывания колёс в заданных пределах оказывают влияние на процессы реализации тяги или торможения или же непосредственно улучшают курсовую устойчивость автомобиля (ESC). В последние годы появилось и много других систем, которые можно отнести к названным выше «классическим» только частично. Так, например, функция удаления влаги с тормозных дисков улучшает работу тормозов в сырую погоду (при включённом стеклоочистителе), однако не оказывает прямого влияния на величину проскальзывания шин.

В этой программе самообучения мы для удобства будем придерживаться разбиения систем на группы по следующим критериям:

- ▶ Системы, оказывающие влияние на процессы торможения, трогания и ускорения или непосредственно на динамическое состояние автомобиля.
- ▶ Некоторые разработанные в последние годы системы могут «использовать» ESC для активного (автоматического) создания тормозного давления без участия водителя (например, адаптивный круиз-контроль ACC). Такие системы будут здесь называться «внешними системами».
- ▶ В третью группу входят системы, которые, наоборот, могут «использоваться» системой ESC для повышения курсовой устойчивости автомобиля в качестве своего рода исполнительных механизмов.

Исключение в данной классификации представляет собой система контроля давления в шинах (RKA), которая использует ESC, чтобы получить данные для реализации вспомогательной информационной функции, а не для затормаживания автомобиля. Поскольку она всё же использует ESC для реализации «внешней» функции, RKA отнесена здесь к внешним системам, несмотря на то, что ПО этой функции установлено и работает в блоке управления ABS/ESC.

Системы, базирующиеся на ABS/ESC

- ▶ ABS
- ▶ EBV
- ▶ HBA
- ▶ FBS
- ▶ Функция удаления влаги с тормозных дисков
- ▶ OHBV
- ▶ MSR

- ▶ ASR
- ▶ EDS
- ▶ Ассистент трогания на подъёме
- ▶ Ассистент начала движения

- ▶ ESC
- ▶ Электронная блокировка межколёсного дифференциала
- ▶ Селективное перераспределение крутящего момента между колёсами
- ▶ Ассистент движения на спуске
- ▶ Система поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом
- ▶ Распознавание багажника на крыше

Внешние системы

- ▶ Адаптивный круиз-контроль (ACC).
- ▶ Круиз-контроль (GRA+).
- ▶ EPB.
- ▶ Система контроля давления в шинах (RKA+).

Системы, используемые ESC

- ▶ Динамическое рулевое управление (для ESC и DSR).
- ▶ Электроусилитель рулевого управления (для DSR).
- ▶ Двигатель автомобиля (для ASR и MSR).

- Оказывают влияние на процессы торможения
- Оказывают влияние на процессы трогания/разгона
- Оказывают влияние на динамическое состояние (курсовую устойчивость) автомобиля

Системы, базирующиеся на ABS/ESC

«Классические» системы контроля проскальзывания будут далее рассмотрены исторически, то есть в последовательности их разработки.

Антиблокировочная система (ABS)

История, базовые функции

При объяснении круговой диаграммы сил уже приводился пример торможения, при котором тормозные силы в пятне контакта настолько велики, что в нём больше не могут передаваться боковые направляющие усилия. Автомобиль в такой ситуации становится неуправляемым. Уже в 1920 году для нужд авиации была разработана гидравлическая система, которая должна была ограничивать максимальное тормозное усилие колёс шасси самолёта для предотвращения их блокировки при торможении.

Впоследствии, в 30-е годы, компании Bosch был выдан патент, в котором описывалось подобное регулирующее устройство для автомобилей.

В 1969 году широкой общественности впервые была представлена антиблокировочная система с электронным управлением компании ITT.

На Audi AG в 1980 году Audi 200 стала первой моделью, оснащаемой ABS компании Bosch.

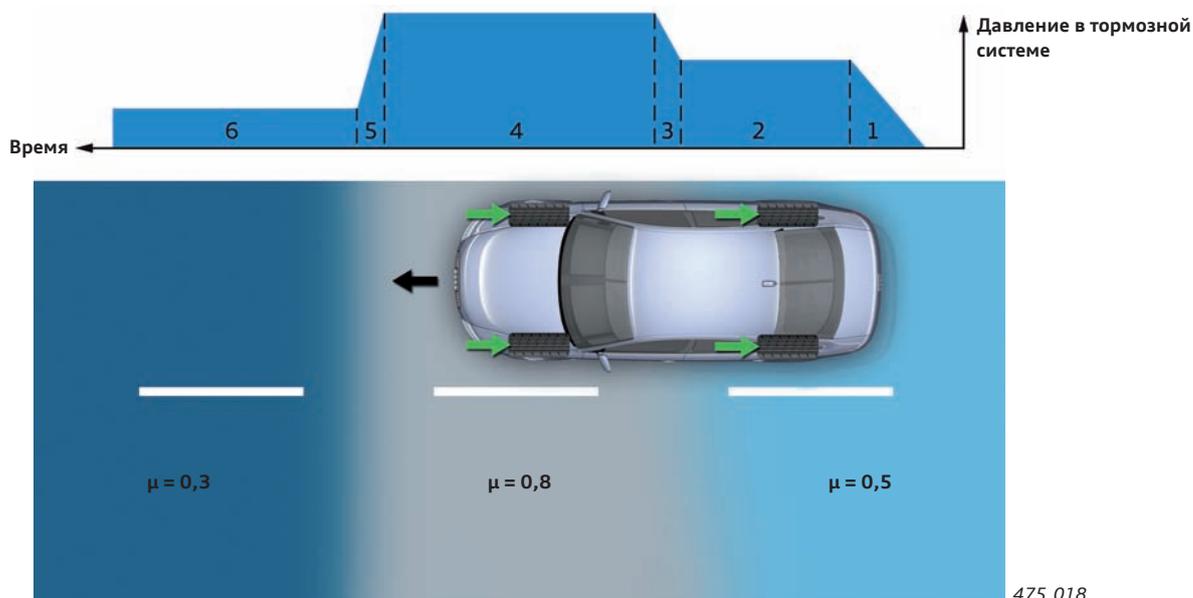
Такой порядок позволяет нагляднее представить последовательное расширение функций систем.



475_017

Принцип работы системы ABS заключается в ограничении давления в тормозной системе настолько, чтобы через пятно контакта всё ещё могли передаваться боковые направляющие усилия.

Поскольку свойства дорожного покрытия в пределах тормозного пути могут меняться, система должна быть в состоянии не только удерживать заданное давление, но и при необходимости довольно быстро уменьшать или увеличивать его (см. пример далее).



475_018

Водитель начинает торможение на мокром дорожном покрытии (отрезок 1). Заданное им тормозное давление (степень нажатия педали тормоза) привело бы в этих условиях к блокированию колёс. ABS ограничивает тормозное давление до необходимого значения и поддерживает его на этом уровне, пока свойства дорожного покрытия не изменятся (отрезок 2). Затем мокрый участок дороги сменяется сухим, в результате чего тормозное давление снова можно начать повышать (отрезок 3).

После увеличения значение давления снова ограничивается на новом, более высоком уровне (отрезок 4). Когда колёса снова попадают на мокрый участок, давление должно быть снижено до уровня, при котором они не будут блокироваться (отрезок 5). Цель такого алгоритма регулирования — обеспечить минимальный тормозной путь, который возможен только при безусловном сохранении управляемости автомобиля.

Техническая реализация

Обзор системы

На примере Audi Q5 будут коротко описаны все основные компоненты системы, которые требуются для реализации функций различных систем, рассматриваемых далее.

Компоненты, необходимые для реализации самой функции ABS, выделены синим цветом.

Реализация необходимого тормозного давления осуществляется с помощью трёх следующих основных функций:

- ▶ поддержания тормозного давления постоянным на текущем уровне;
- ▶ уменьшения текущего тормозного давления;
- ▶ увеличения текущего тормозного давления.

Далее эти три функции будут называться просто «поддержание давления», «уменьшение давления» и «увеличение давления».

Блок управления ABS/ESC (1)

- рассчитывает необходимые значения давления;
- управляет исполнительными механизмами в гидравлическом блоке.

Контрольные лампы и индикации на дисплее для информирования водителя (2)



Датчики поперечного/продольного ускорения и скорости поворота вокруг вертикальной оси (3)

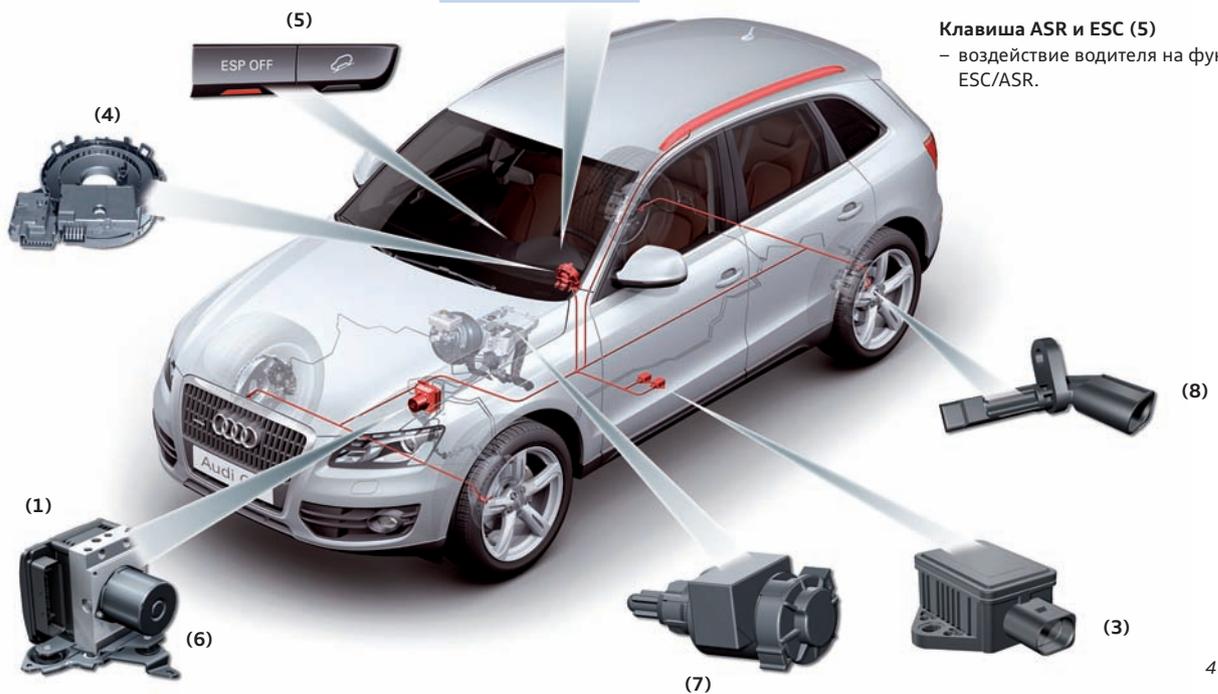
- регистрируют параметры динамического состояния автомобиля (ускорения) в продольном и поперечном направлениях, а также вращение вокруг вертикальной оси.

Датчик угла поворота рулевого колеса (4)

- регистрирует положение/перемещение рулевого колеса.

Клавиша ASR и ESC (5)

- воздействие водителя на функции ESC/ASR.



Гидравлический блок ABS/ESC (6)

- содержит исполнительные механизмы для реализации требуемого тормозного давления;
- содержит датчик(и) для регистрации.

Выключатель стоп-сигналов (7)

- регистрирует факт нажатия педали тормоза.

Датчики частоты вращения (8)

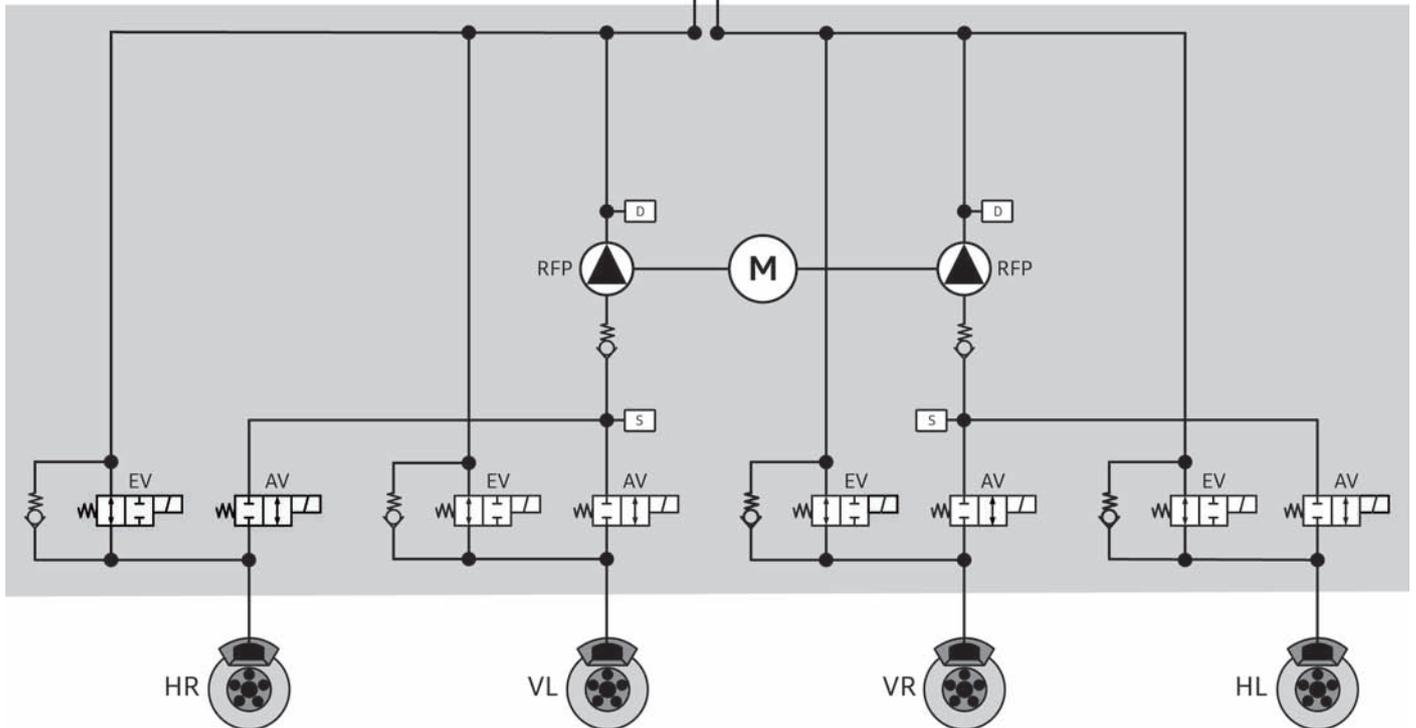
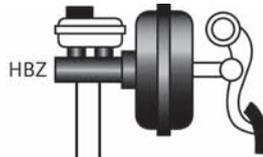
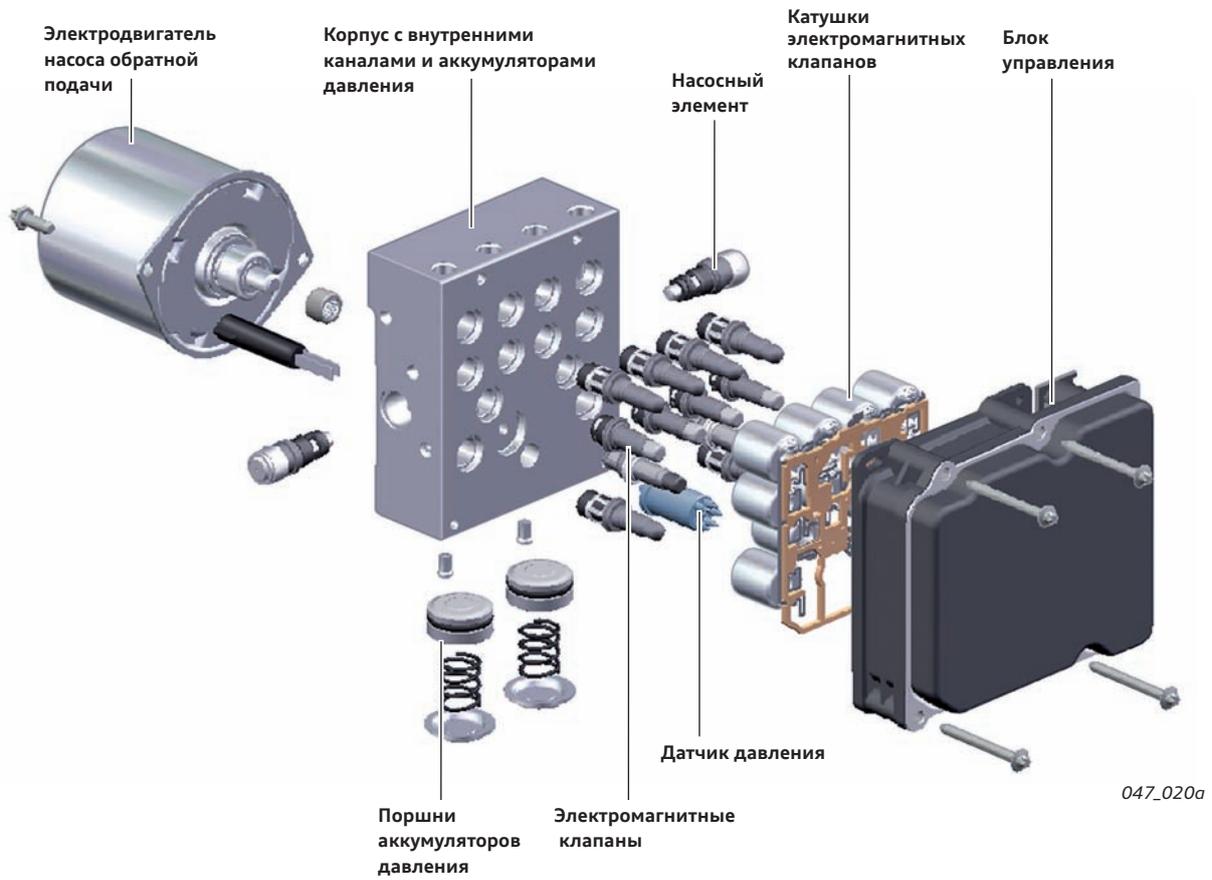
- измеряют частоту вращения колёс;
- каждое колесо оснащается отдельным датчиком частоты вращения.

475_019

Гидравлический блок

В гидравлическом блоке объединены все гидравлические компоненты, требующиеся для реализации функций увеличения давления, поддержания давления и уменьшения давления. Это, прежде всего, электромагнитные клапаны, а также насос обратной подачи.

Помимо этого, в гидравлическом блоке имеются аккумуляторы давления, различные внутренние каналы и обратные клапаны. Для регистрации фактического тормозного давления внутри блока устанавливается также как минимум один (больше в зависимости от комплектации) датчик давления в тормозной системе.

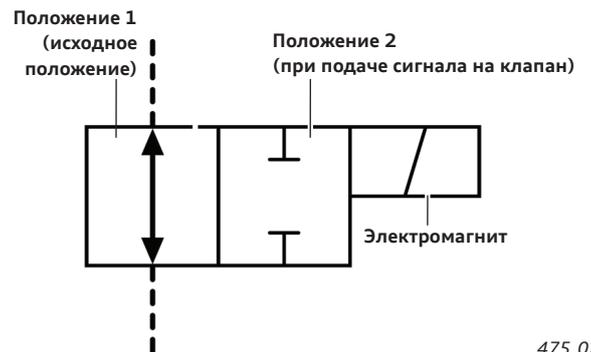


- HBZ = главный тормозной цилиндр с усилителем тормозов и педалью тормоза.
- HR = тормоз заднего правого колеса.
- VL = тормоз переднего левого колеса.
- VR = тормоз переднего правого колеса.
- HL = тормоз заднего левого колеса.
- M = электродвигатель привода насоса обратной подачи.
- RFP = насос обратной подачи.
- EV = впускные клапаны.
- AV = выпускные клапаны.
- S = аккумуляторы давления.
- D = успокоители.

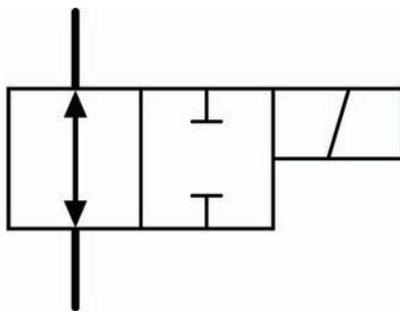
Для лучшего понимания схемы гидросистемы рассмотрим коротко обозначения электромагнитных клапанов на ней. В системе используются так называемые клапаны 2/2. Это означает, что клапаны имеют по два штуцера и могут находиться в двух возможных состояниях (открыт/закрыт). Через открытый клапан гидравлическая жидкость может протекать в обоих направлениях в зависимости от соотношения давлений.

На общей схеме гидросистемы все клапаны показываются в недействующем положении. Впускные клапаны в недействующем положении открыты, выпускные — закрыты.

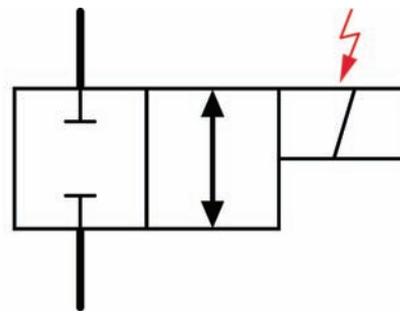
При подаче на клапан управляющего сигнала клапан переключается в соответствующее второе положение, то есть впускной клапан закрывается, а выпускной — открывается.



475_021

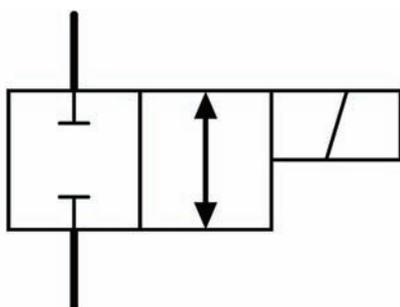


Впускной клапан в исходном положении (открыт)

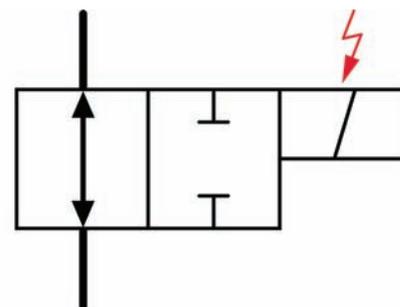


На впускной клапан подан сигнал (закрыт)

275_022



Выпускной клапан в исходном положении (закрыт)



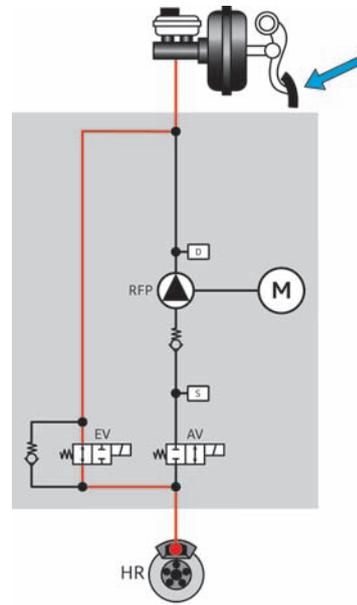
На выпускной клапан подан сигнал (открыт)

275_023

Чтобы не загромождать иллюстрации, управление работой тормозов будет далее показано только для одного колеса. Блок управления ABS может управлять всеми четырьмя колёсными тормозными механизмами независимо друг от друга.

**Увеличение давления водителем
(без ограничения давления системой ABS)**

При нажатии водителем педали тормоза давление в тормозной системе увеличивается и при незадействованных (т. е. находящихся в исходном положении) клапанах. Открытые впускные клапаны обеспечивают в любой момент прямое соединение между главным цилиндром и рабочими цилиндрами колёс. Когда водитель отпускает педаль тормоза, созданное давление таким же образом уменьшается.

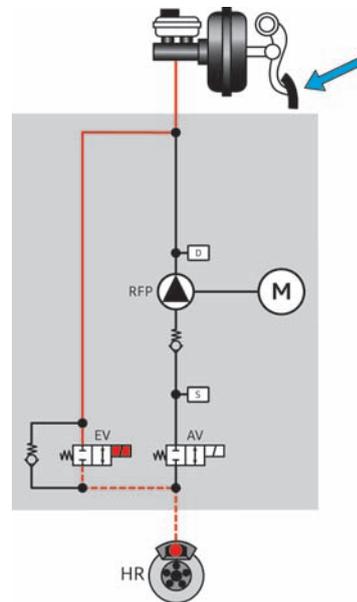


475_024

Функция регулирования «поддержание давления»

Когда давление, созданное водителем при нажатии педали, становится слишком велико (то есть тормозные силы «выбирают» весь потенциал сцепления с дорогой, делая боковые направляющие силы невозможными — см. раздел «Круговая диаграмма сил»), блок управления подаёт управляющий сигнал на впускные клапаны соответствующих колёс, закрывая клапаны. В итоге, несмотря на то, что водитель продолжает всё сильнее нажимать на педаль тормоза, тормозное усилие не увеличивается.

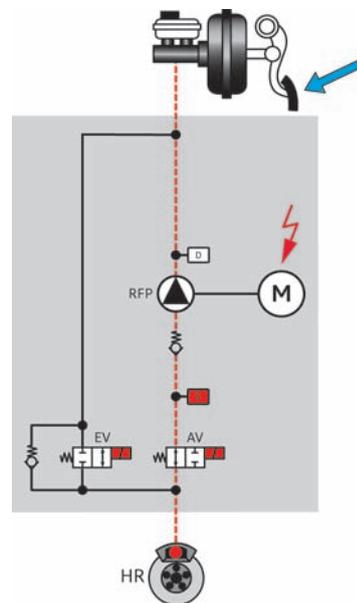
Когда в результате изменения ситуации появляется возможность увеличить давление в тормозной системе, впускной клапан снова открывается.



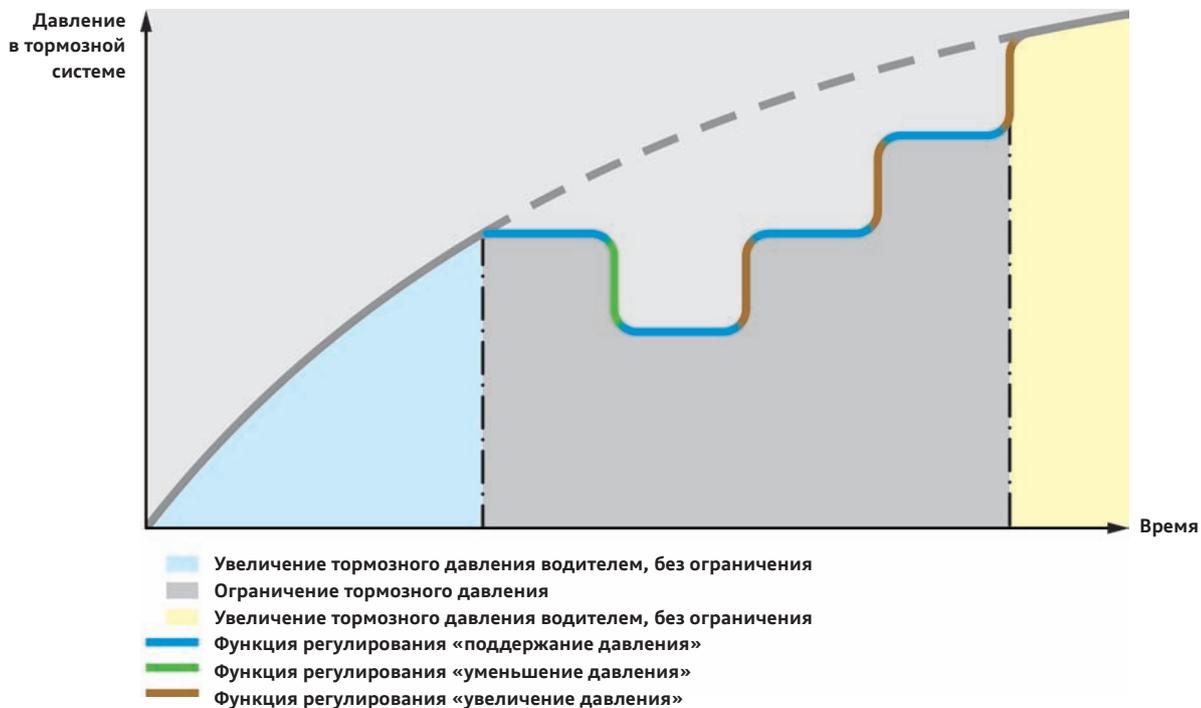
475_025

Функция регулирования «уменьшение давления»

Когда тормозное давление в контуре одного из колёс становится слишком большим, включается функция уменьшения давления, а выпускной — открывается. Быстрое уменьшение давления достигается сначала за счёт заполнения аккумуляторов давления в гидравлическом блоке. Если этого оказывается недостаточно, то тормозную жидкость приходится закачивать обратно в главный цилиндр, преодолевая давление, создаваемое нажатием педали водителем, для чего включается электродвигатель привода насоса обратной подачи. Внимательный водитель может заметить это по лёгкому пульсированию педали тормоза.



475_026



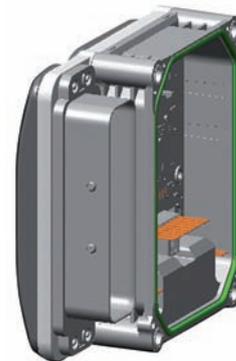
475_027

Процесс ограничения тормозного давления системой ABS состоит из описанных функций увеличения, удержания и уменьшения давления, быстро следующих одна за другой.

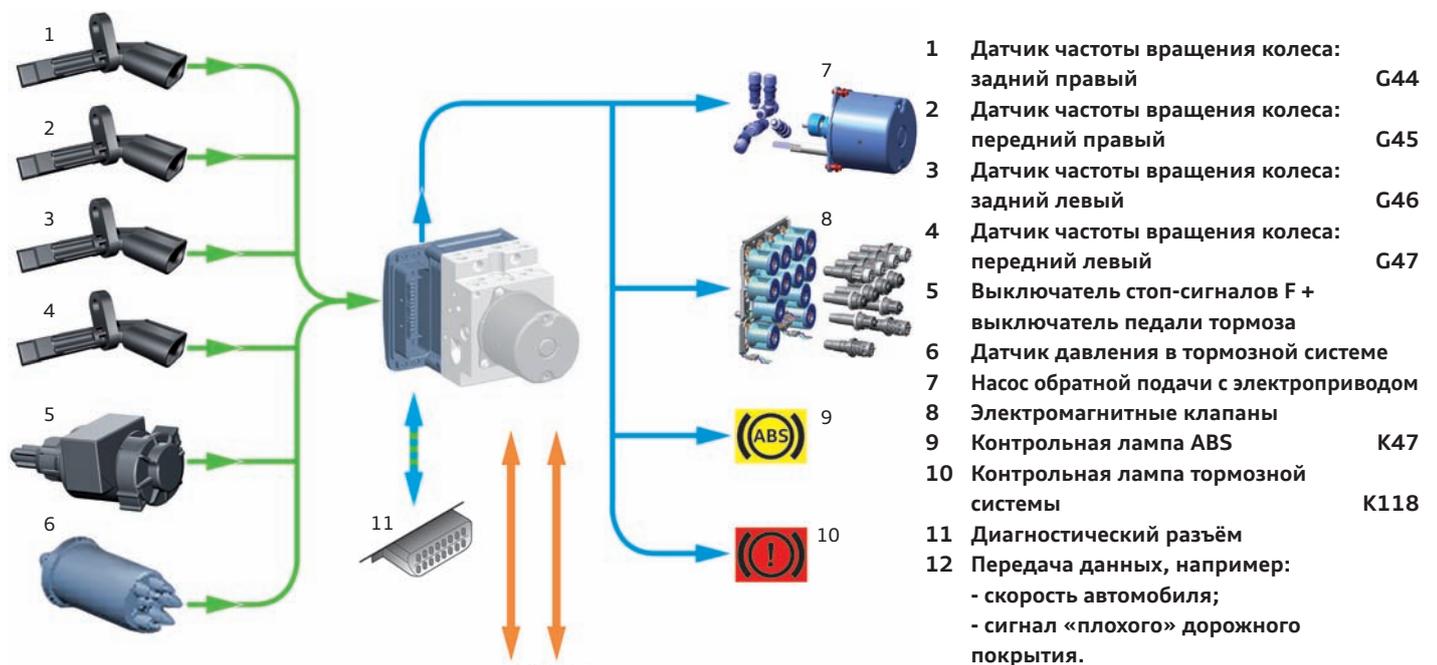
Эти функции включаются короткими импульсами, продолжительность которых измеряется в миллисекундах. На графике показан пример возможной последовательности таких импульсов.

Блок управления

Блок управления, постоянно анализируя поступающие в него сигналы, распознаёт момент, когда возникает необходимость в ограничении тормозного давления. В таком случае блок управления реализует ограничение давления, управляя соответствующим образом электромагнитными клапанами и насосом обратной подачи. В первых поколениях системы ABS представляли собой два отдельных узла, устанавливаемых в автомобиле в разных местах. Начиная с поколения Bosch 5.3 блок управления ABS и гидравлический блок выполняются в виде одного узла. Начиная с поколения 5.7 блок управления ABS/ESC и гидравлический блок также выполняются как один узел.



475_028



475_029

Необходимые ABS входные сигналы

Частота вращения колёс:

На основании частот вращения колёс блок управления вычисляет скорость автомобиля. Затем он сравнивает частоты вращения отдельных колёс со скоростью автомобиля и вычисляет значения тормозного проскальзывания.

Давление в тормозной системе:

Датчик тормозного давления измеряет давление в первичном контуре. Это значение давления учитывается при выборе необходимого алгоритма регулирования давления. Кроме того, сигнал этого датчика используется для проверки достоверности сигналов выключателя стоп-сигналов/педали тормоза.

Сигнал выключателя стоп-сигналов:

Используется для распознавания выполняемого водителем торможения.

Сигнал педали тормоза:

Обратный по отношению к выключателю стоп-сигналов сигнал используется как дублирующий.

Выходной сигнал «плохой» дороги:

В соответствующих случаях блок управления ABS передаёт в блок управления двигателя сигнал «плохой» дороги. Блок управления использует сигналы датчиков детонации для регистрации пропусков воспламенения и вызванной этими пропусками неравномерной работы двигателя.

На плохих дорогах неравномерности в работе двигателя могут быть вызваны также передачей импульсов (сил) с неровностей дорожного полотна на ведущие колеса. Блок управления ABS распознаёт участки дороги с плохим покрытием, анализируя сигналы датчиков частоты вращения колёс, и передаёт эту информацию в блок управления двигателя. Таким образом, блок управления двигателя «знает», что неравномерности работы вызваны внешними факторами, и не предпринимает попыток отрегулировать работу двигателя для их устранения.

Выходные сигналы

Управление электромагнитными клапанами:

Блок управления формирует управляющие сигналы для электромагнитных клапанов.

Управление насосом обратной подачи:

Включением электродвигателя насоса обратной подачи реализуется функция увеличения давления.

Выходной сигнал скорости автомобиля:

Рассчитанное значение мгновенной скорости автомобиля предоставляется другим пользователям/системам автомобиля в виде выходного сигнала. Система ABS рассчитывает скорость автомобиля с высокой точностью, поэтому на основании этого сигнала отображается также скорость на спидометре в комбинации приборов.

Выходные сигналы для информирования водителя:

При необходимости важная информация по работе систем сообщается водителю с помощью текстовых сообщений или контрольных ламп. Подробнее об этом можно прочитать в разделе «Управление и индикация».



475_030

Датчики

Датчики частоты вращения колёс G44-G47:

Частота вращения регистрируется на каждом из четырёх колёс по отдельности. На всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi для этого используются активные датчики, т. е. датчики, получающие своё питание для преобразования физических (измеряемых) величин в электрические или для перевода последних в цифровую форму.

Датчики, используемые в автомобилях Audi, могут работать на одном из двух разных физических принципов — на магниторезистивном эффекте или на эффекте Холла.

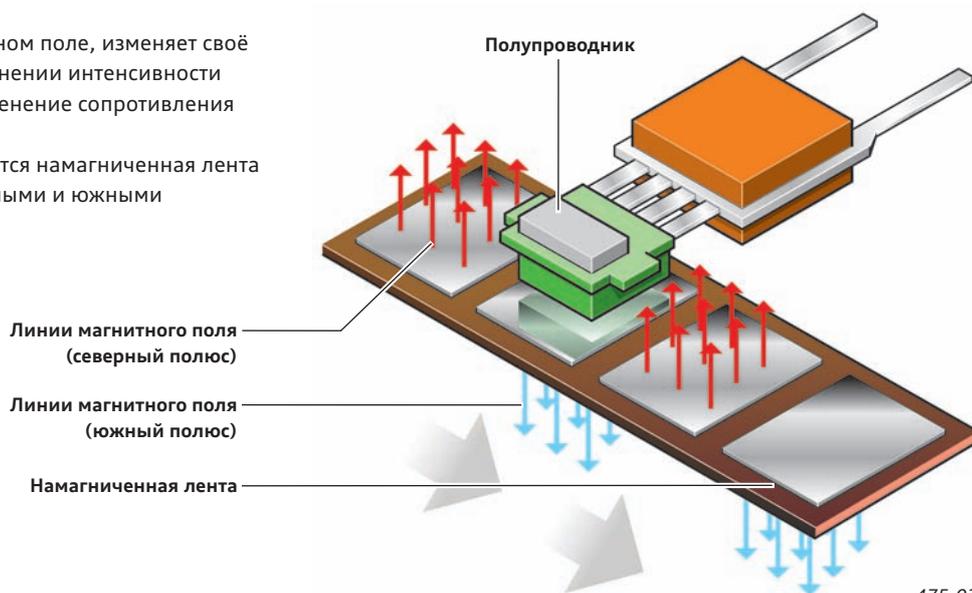


475_031

Магниторезистивный эффект:

Полупроводник, находящийся в магнитном поле, изменяет своё электрическое сопротивление при изменении интенсивности или направления магнитного поля. Изменение сопротивления регистрируется электрической схемой.

В качестве задающего ротора используется намагниченная лента с периодически чередующимися северными и южными полюсами.



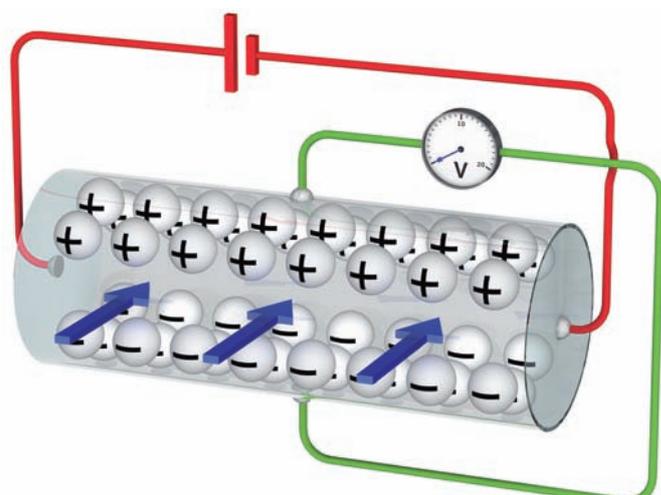
475_032

Эффект Холла:

При помещении проводника, по которому протекает ток, в магнитное поле электроны под воздействием этого магнитного поля смещаются к одной из боковых сторон проводника. С этой стороны образуется избыток электронов, тогда как на противоположной — недостаток. Таким образом, между сторонами проводника образуется разность потенциалов (напряжение), которая может быть измерена. Полярность (положение + и -) зависит от направления магнитного поля (синие стрелки). В качестве задающего ротора используется намагниченная лента с периодически чередующимися северными и южными полюсами. При каждом переходе от одного полюса к другому полярность измеряемого напряжения изменяется.

Число изменений полярности (импульсов) в единицу времени считается блоком управления ABS и прямо пропорционально частоте вращения колеса. На основании этого сигнала блок управления рассчитывает отдельно для каждого колеса его мгновенную скорость (частоту вращения).

На основании частот вращения отдельных колёс блок управления двигателя рассчитывает скорость движения автомобиля, предоставляя её также другим пользователям в виде сообщения, передаваемого по шине данных.

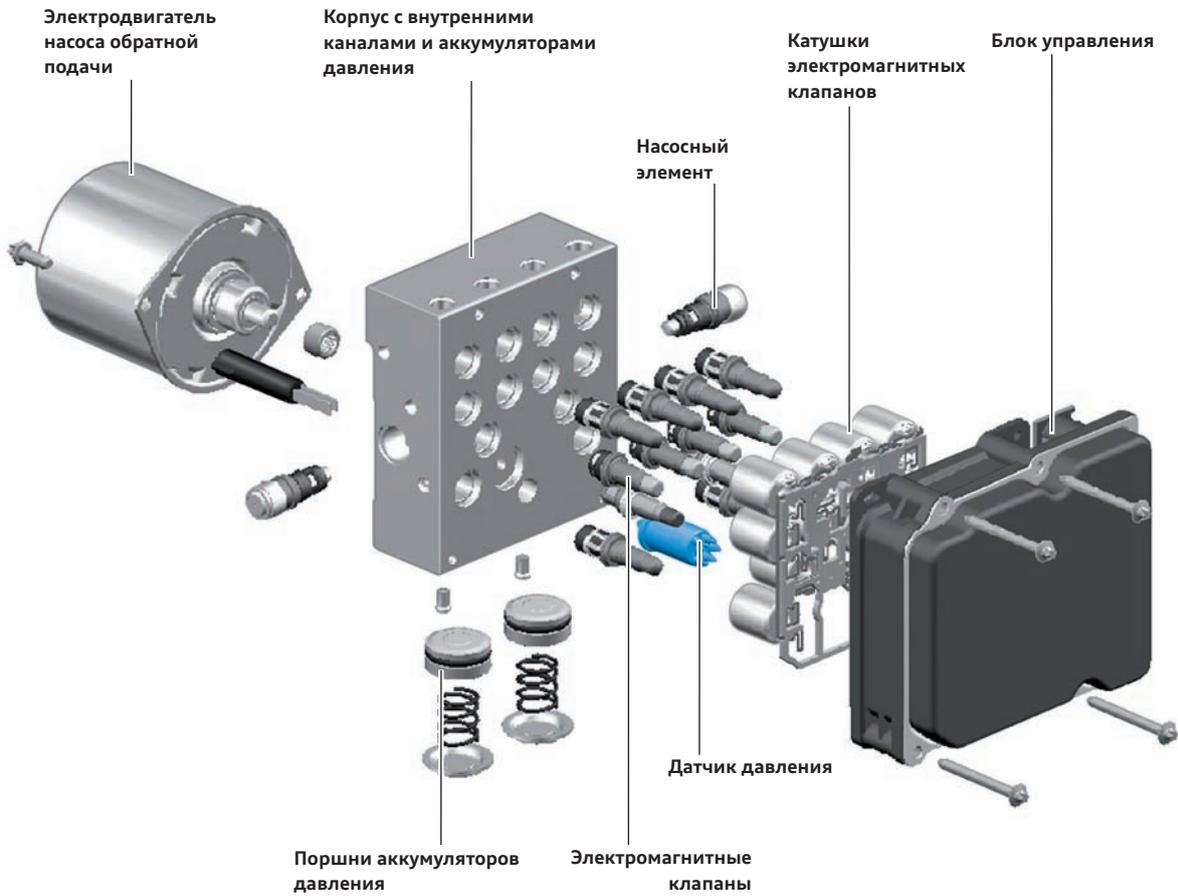


475_033

Датчик давления

На всех современных моделях Audi в гидравлическом блоке установлен как минимум один датчик давления, недоступный снаружи. Этот датчик измеряет давление в первичном контуре тормозной системы.

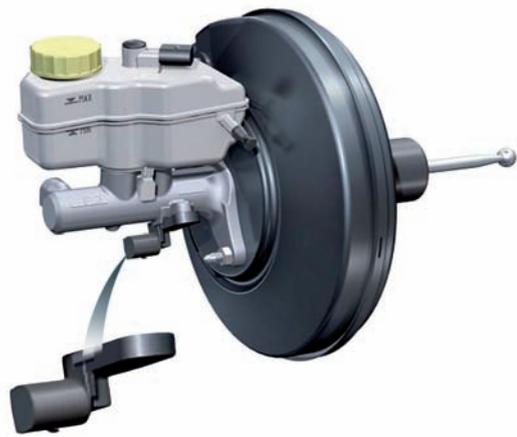
Как только водитель нажимает педаль тормоза, давление в тормозной системе повышается. Это повышение давления регистрируется и анализируется блоком управления ABS. На основании измеренных значений прогнозируются значения давлений в колёсных механизмах. Система ABS срабатывает при необходимости только в том случае, если водитель непосредственно выполняет торможение (нажимает педаль тормоза).



Выключатель стоп-сигналов F / концевой выключатель педали тормоза F47/F63

Узел выключателя стоп-сигналов / выключателя педали тормоза почти на всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi устанавливается на педали тормоза. Исключение составляют Audi A1, Audi TT и Audi Q3, на которых этот узел находится на главном тормозном цилиндре. На Audi A3 могут использоваться оба варианта. Блок управления ABS использует информацию о том, что водитель нажимает педаль тормоза, для подтверждения достоверности сигнала датчика давления в тормозной системе. Система ABS срабатывает при необходимости только в том случае, если водитель непосредственно выполняет торможение (нажимает педаль тормоза).

Сигналы датчиков считываются блоком управления ABS или блоком управления двигателя, в зависимости от модели автомобиля, через отдельные провода. Считывающий блок управления передаёт сигнал далее в блок управления, отвечающий за включение стоп-сигналов.

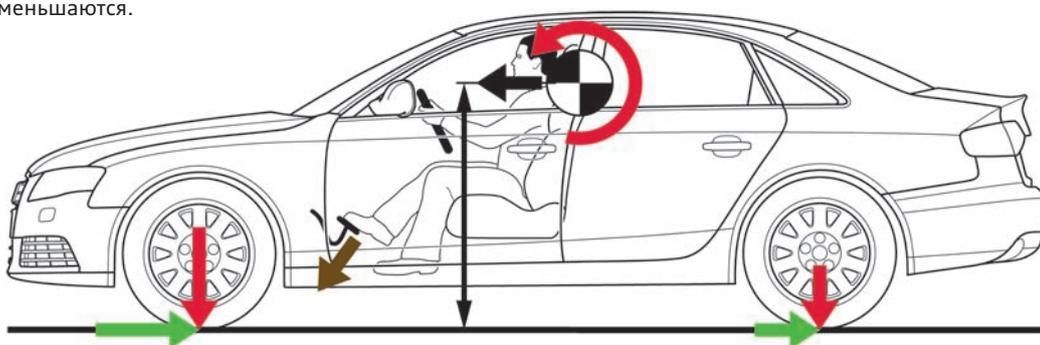


Система электронного распределения тормозных сил (EBV)

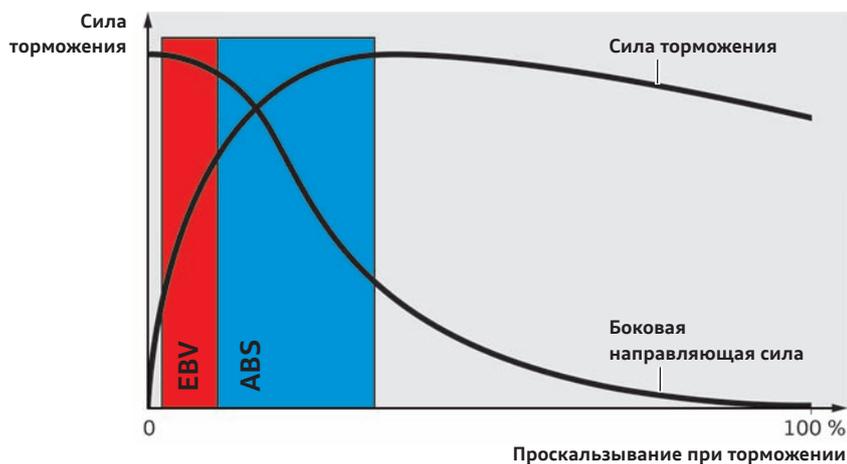
При торможении нагрузка на переднюю ось автомобиля увеличивается, в то время как на заднюю ось — уменьшается (динамическое перераспределение нагрузки по осям). Это объясняется тем, что тормозящие автомобиль силы действуют в пятнах контакта шин с дорогой, то есть с определённым плечом относительно центра масс автомобиля, что вызывает возникновение вращающего момента, стремящегося повернуть автомобиль вперёд вокруг поперечной оси. В результате передняя ось дополнительно нагружается, а задняя — разгружается. На практике этот эффект проявляется опусканием передней части кузова при торможении в результате сжатия пружин передней подвески (автомобиль «наклоняется» вперёд).

В результате увеличения вертикальной нагрузки на переднюю ось возрастают и максимальные тормозные силы, которые могут передаваться передними колёсами. Снижение нагрузки на заднюю ось имеет, соответственно, обратный эффект — максимальные тормозные силы, которые могут передавать задние колёса, уменьшаются.

Чтобы избежать потери автомобилем курсовой устойчивости из-за «перетормаживания» задней оси, в задние тормозные механизмы можно подавать только то давление, которое не будет превышать потенциал передачи тормозных сил задними колёсами. Если система будет подавать на все четыре колеса одинаковое тормозное давление, то тормозной путь окажется больше теоретически возможного, за счёт того, что на передних колёсах будут реализовываться значительно меньшие тормозные силы, чем они (передние колёса) способны передавать.



475_036



Система электронного распределения тормозных сил (EBV) предотвращает перетормаживание задних колёс. В зависимости от значений проскальзывания задних колёс блок управления ABS рассчитывает максимально возможное значение давления в контурах задних колёс и ограничивает фактическое тормозное давление этим значением. На колёсах передней оси при этом продолжает без ограничения действовать тормозное давление, заданное водителем нажатием педали тормоза.

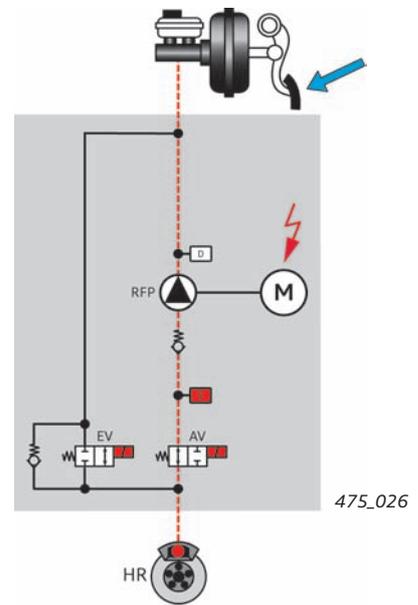
За счёт этого реализуется максимальная физически возможная интенсивность торможения. Тормозной путь уменьшается до теоретического минимума. Система EBV срабатывает раньше системы ABS, то есть уже при заметно меньших значениях проскальзывания колёс.

Описание работы

В прошлом для ограничения тормозного давления на задней оси устанавливались специальные гидравлические клапаны сброса давления.

С появлением систем ABS эту функцию стала выполнять система EBV. При распознавании тенденции задних колёс к блокированию давление в контуре соответствующего колеса ограничивается. Для этого используется, главным образом, функция удержания давления за счёт закрывания впускных клапанов.

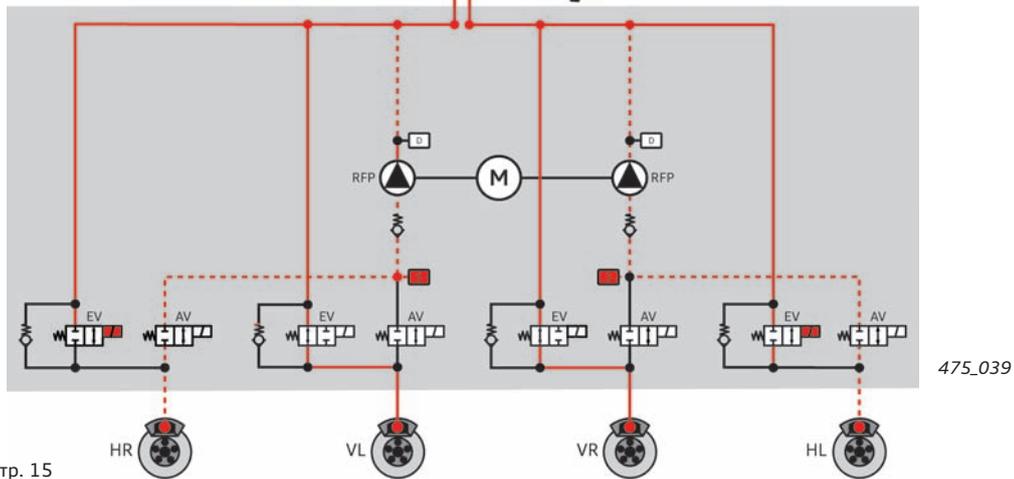
При необходимости давление может и активно уменьшаться, для этого помимо закрывания впускных клапанов ещё и открываются выпускные клапаны. Для уменьшения давления тормозная жидкость перетекает во внутренние аккумуляторы давления. И только при достижении определённого уровня заполнения аккумуляторов давления тормозная жидкость начинает перекачиваться насосом обратной подачи снова в главный тормозной цилиндр, «преодолевая» давление, создаваемое нажатием педали тормоза водителем.



Удержание тормозного давления на задней оси



Уменьшение давления в тормозном контуре давления правого заднего колеса



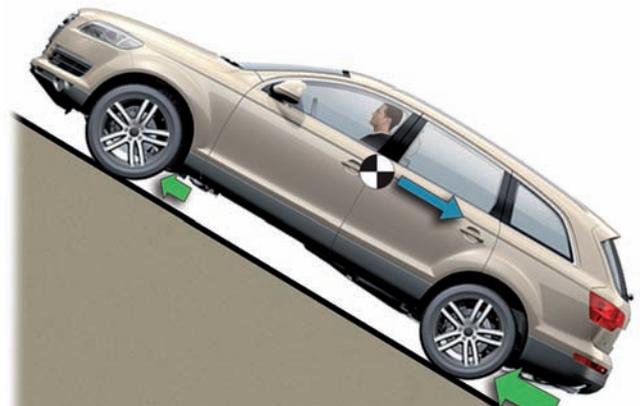
Условные обозначения см. на рис. 475_020, на стр. 15

При движении задним ходом работа функции EBV может привести к перетормаживанию передней оси. Поскольку при движении задним ходом направление задаётся колёсами передней оси, перетормаживание передней оси может привести к заносу автомобиля, причём автомобиль перестанет реагировать на повороты рулевого колеса. Следствием является потеря курсовой устойчивости с высокой вероятностью аварии. Особенно критической будет такая ситуация при движении задним ходом по бездорожью вниз по склону.

На моделях Audi, предназначенных для движения по грунтовым дорогам или бездорожью (Audi Q7, Audi Q5), при движении задним ходом функция EBV работает в противоположном направлении: при торможении ограничивается тормозное давление на передней оси. На Audi Q7 это происходит при включении внедорожного режима («offroad») клавишей ESC. На Audi Q5 «обратная» работа функции EBV включается при включении ассистента движения на спуске.

Движение задним ходом распознаётся датчиками частоты вращения колёс.

На моделях, колёсные датчики которых не распознают направление вращения (например, Audi A1, Audi TT), задний ход распознаётся с помощью соответствующего анализа частот вращения колёс, угла поворота рулевого колеса и скорости поворота автомобиля вокруг вертикальной оси.



475_040



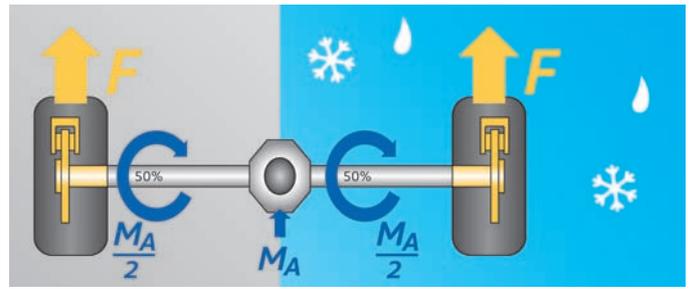
Дополнительная информация

Дополнительную информацию по функциям клавиши ESC можно найти на стр. 68.

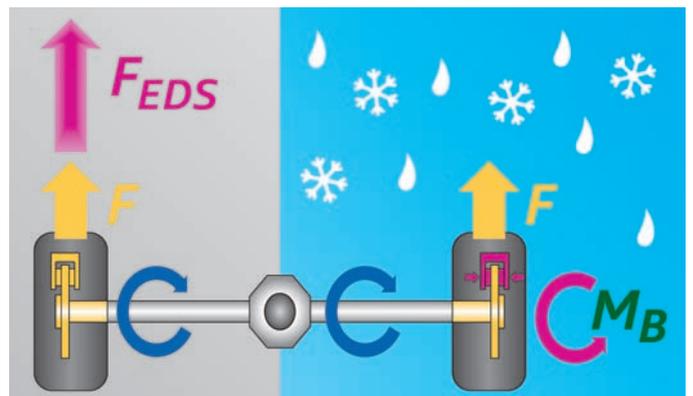
Электронная блокировка дифференциала (EDS)

Следующий пример иллюстрирует поведение колёс ведущей оси с обычным, неблокирующимся, дифференциалом: одно из колёс ведущей оси находится на скользком покрытии (малый коэффициент трения между дорожным покрытием и шиной), другое колесо той же оси стоит на асфальте с высоким коэффициентом трения. Колесо на скользкой поверхности будет вращаться с большей скоростью, поскольку меньшая сила трения между шиной и поверхностью оказывает меньшее сопротивление вращению колеса. В крайних случаях (при очень скользкой поверхности, например, на льду) одно колесо будет проворачиваться, тогда как противоположное колесо будет стоять неподвижно. Вся мощность двигателя уйдёт при этом на трение между колесом и дорогой, а не на создание тяги. Причина такого поведения заключается в принципе работы дифференциала, который по своей конструкции может передавать на оба колеса только одинаковый крутящий момент. Если одно из колёс прокручивается, передаваемый им крутящий момент снижается. И тогда в неблагоприятных условиях (например, одно колесо на льду) крутящий момент настолько мал, что его недостаточно для приведения в движение другого колеса. В этом случае автомобиль остаётся стоять на месте с одним пробуксовывающим и одним неподвижным колесом (ведущей оси).

В таких случаях на помощь приходит так называемая электронная блокировка дифференциала или EDS. Смысл этой функции в том, что колесо, вращающееся с большей скоростью (т. е. имеющее большее проскальзывание), подтормаживается с определённым тормозным моментом. Этот тормозной момент (M_B) увеличивает сопротивление, испытываемое вращающимся колесом. Или, другими словами: для вращения этого колеса будет необходим больший крутящий момент. Поскольку, как уже было сказано, дифференциал всегда передаёт на оба колеса одинаковый крутящий момент, одновременно увеличится и крутящий момент на противоположном колесе. Такое увеличение крутящего момента за счёт подтормаживания колеса с большим проскальзыванием происходит до тех пор, пока оба ведущих колеса не будут вращаться с примерно одинаковой скоростью.



475_041



475_042

Конструкция

Для реализации функции электронной блокировки дифференциала EDS требуется активное (без участия водителя) создание тормозного давления. Чтобы для этого можно было использовать уже имеющийся в системе ABS насос обратной подачи, к системе добавляются четыре дополнительных клапана. Для реализации функции EDS насос обратной подачи должен быть в состоянии всасывать тормозную жидкость из бачка тормозной жидкости, для чего должен быть предусмотрен соответствующий канал. Чтобы при этом у функции ABS сохранялась возможность уменьшения тормозного давления с обратной подачей тормозной жидкости с преодолением давления, созданного водителем, этот канал должен при необходимости перекрываться. Такое перекрывание реализуется двумя дополнительными впускными клапанами (ASV).

Для срабатывания электронной блокировки дифференциала (EDS) должен быть перекрыт, напротив, канал подачи тормозной жидкости от насоса к бачку, чтобы насос обратной подачи мог создавать давление в контуре соответствующего колеса. Для реализации этой функции устанавливаются ещё два дополнительных электромагнитных клапана, по одному в контуре каждого из ведущих колёс. Распознавание необходимости блокировки дифференциала, расчёт параметров блокировки и формирование управляющих команд для соответствующих электромагнитных клапанов и насоса обратной подачи осуществляется дополнительным программным обеспечением в блоке управления ABS. Других изменений в компонентах системы ABS для реализации электронной блокировки дифференциала (EDS) не требуется.

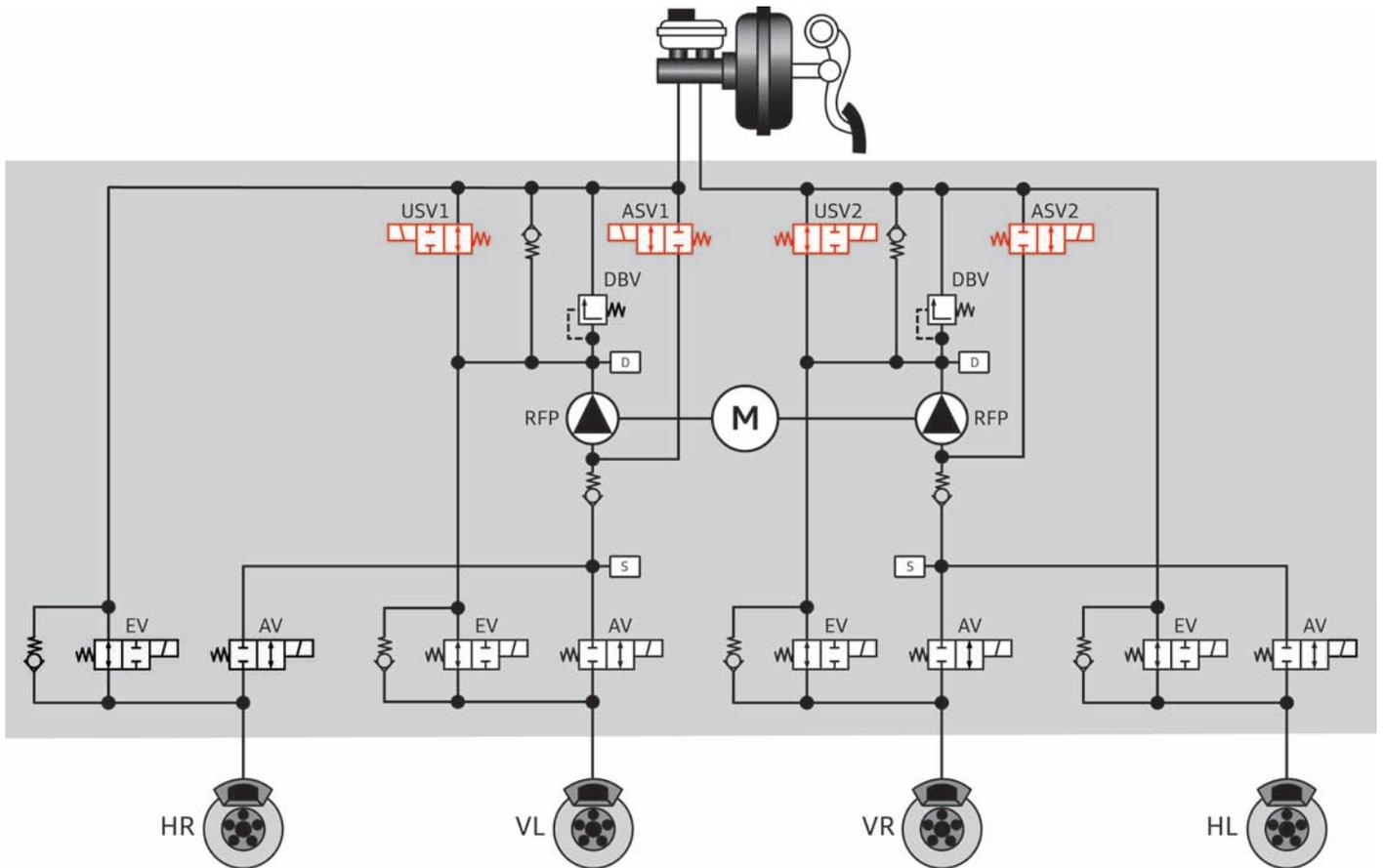


Схема гидравлического блока ABS/EDS для автомобилей с передним приводом

475_043

- ASV 1: впускной клапан для контура плавающего поршня ГТЦ.
- ASV 2: впускной клапан для контура цилиндра толкателя ГТЦ.
- AV: выпускной клапан.
- D: успокоитель.
- DBV: редукционный клапан.
- EV: впускной клапан.
- RFP: насос обратной подачи.
- S: аккумулятор давления.
- USV 1: переключающий клапан для контура плавающего поршня ГТЦ.
- USV 2: переключающий клапан для контура цилиндра толкателя ГТЦ.

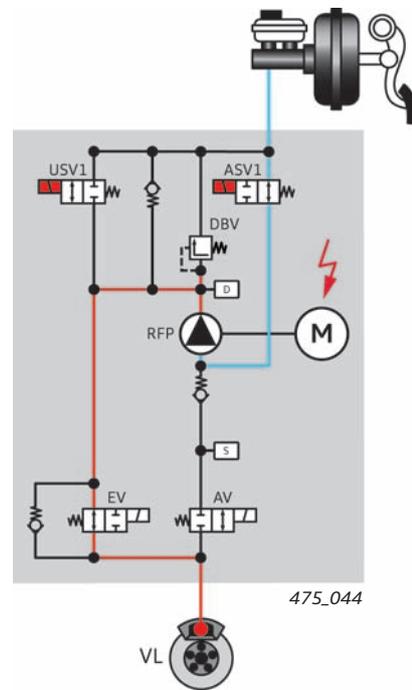
Работа электронной блокировки дифференциала (EDS)

Работа функции EDS будет рассмотрена на примере автомобиля с передним приводом.

Увеличение давления в тормозной системе

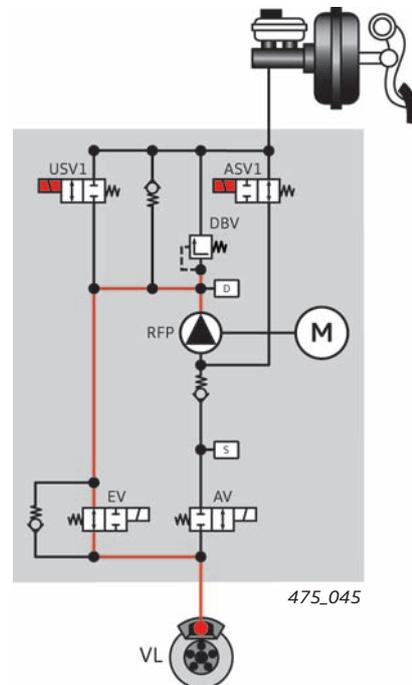
Для создания давления в тормозном контуре блок управления задействует соответствующий впускной клапан, открывающий канал между главным цилиндром и стороной всасывания насоса обратной подачи. Тем самым насос может всасывать тормозную жидкость из бачка (через главный цилиндр).

Закрывание соответствующего клапана перекрывает канал к бачку тормозной жидкости со стороны подачи насоса обратной подачи. Включение электродвигателя приводит в действие насос обратной подачи, который создаёт необходимое давление в тормозном контуре.



Удержание давления

Для реализации функции удержания давления насос обратной подачи выключается. Схема открывания/закрывания клапанов остаётся той же, что и в фазе создания давления.

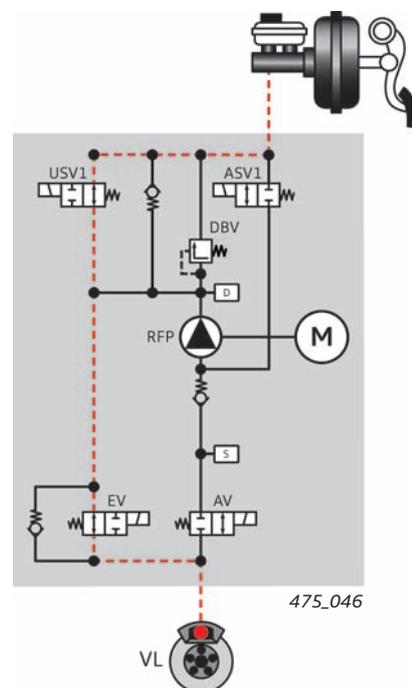


Уменьшение давления

При прекращении воздействия управляющего сигнала на клапаны восстанавливается прямое соединение тормозного контура соответствующего колеса с бачком тормозной жидкости. В результате давление в контуре уменьшается.

При активном торможении элементы тормозной системы нагреваются. Чтобы не допустить их перегрева и, как следствие, повреждения, в программном обеспечении имеется температурная модель тормозных механизмов. С её помощью температура тормозных дисков рассчитывается исходя из длительности торможения, скорости движения, тормозного давления и параметров материала деталей тормозной системы. По мере достижения предельных значений температуры функция постепенно отключается.

Электронная блокировка дифференциала EDS действует только до определённой скорости, зависящей от модели автомобиля.



Антипробуксовочная система (ASR)

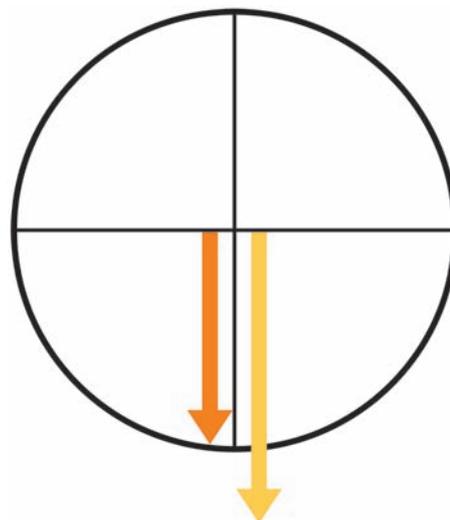
Антипробуксовочная система ASR помогает водителю избежать пробуксовывания колёс при трогании с места и ускорении. При плохих погодных условиях и, прежде всего, на автомобилях с мощными двигателями, вследствие сочетания низкого коэффициента трения между шиной и дорогой с высокими тяговыми усилиями, возможно значительное проскальзывание колёс. В крайних случаях колёса могут какое-то время даже пробуксовывать (проворачиваться на месте). В результате не только уменьшается создаваемое тяговое усилие, но и ухудшается управляемость автомобиля. Это может приводить к критическим с точки зрения курсовой устойчивости ситуациям, прежде всего, при прохождении поворотов с ускорением. Антипробуксовочная система ASR эффективно предотвращает недопустимо высокие значения проскальзывания колёс.



475_047

Круговая диаграмма сил:

Прилагаемое тяговое усилие (жёлтая стрелка) больше, чем максимально передаваемое (радиус круга). Проскальзывание ведущего колеса приобретает критическую величину, срабатывает система ASR. Подводимый к ведущим колёсам крутящий момент уменьшается до величины, которая может быть преобразована в пятне контакта в тяговое усилие (оранжевая стрелка).



475_048

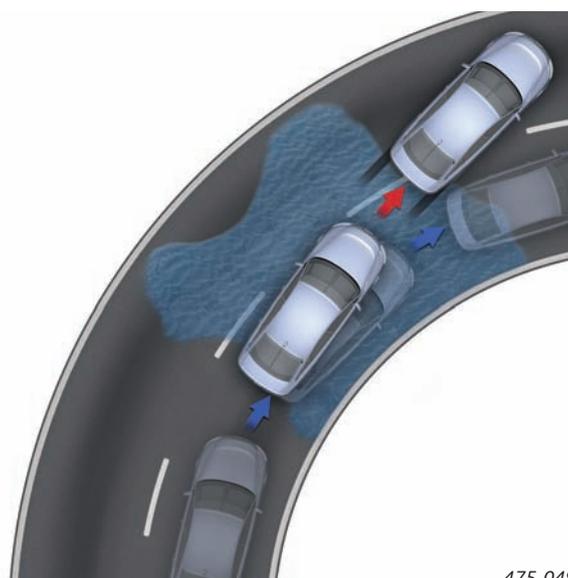
Устройство и принцип действия антипробуксовочной системы ASR

Для антипробуксовочной системы ASR не требуется установка дополнительного по отношению к ABS с EDS оборудования. Реализация её функций осуществляется только программно, необходимое ПО, как и с системой EDS, работает в блоке управления ABS.

Обмен данными между ASR и системой управления двигателя на всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi происходит по шине данных.

ASR при слишком больших значениях проскальзывания отправляет в двигатель «указание» уменьшить крутящий момент. За счёт этого уменьшаются тяговые силы, передаваемые в пятнах контакта шин. Это уменьшает величину проскальзывания и позволяет шинам воспринимать при необходимости боковые направляющие усилия. Благодаря этому автомобиль сохраняет управляемость и курсовую устойчивость.

На некоторых моделях антипробуксовочную функцию можно отключить с помощью клавиши ASR (см. стр. 68). При каждом включении зажигания функция ASR активируется.



475_049

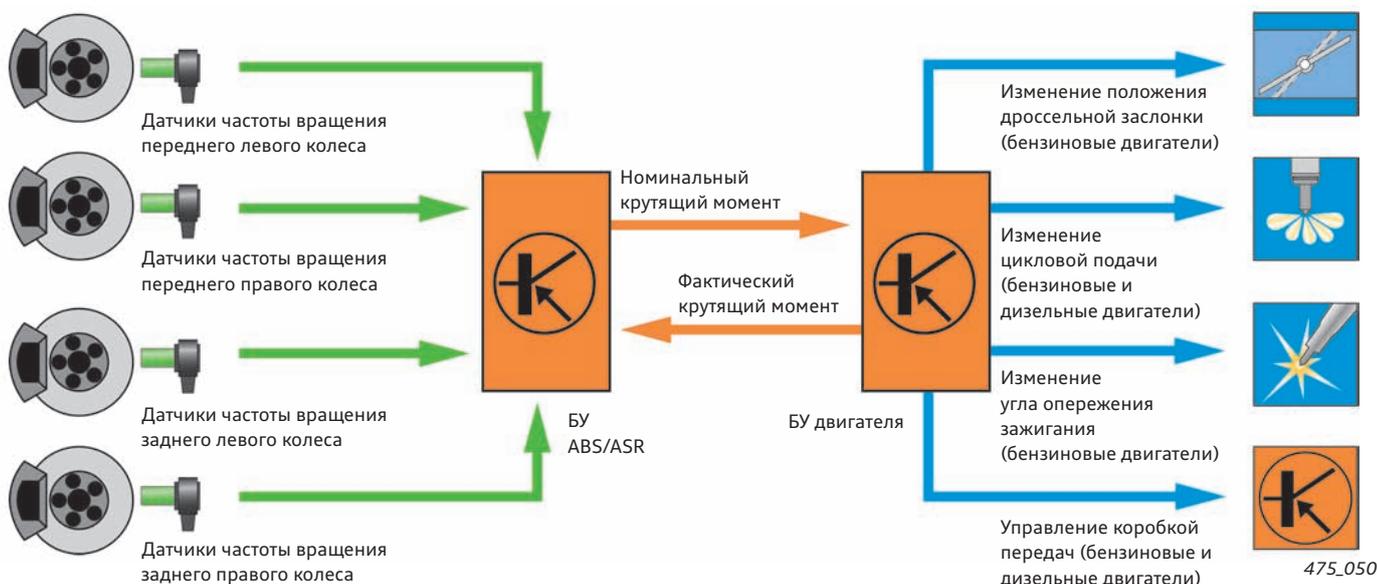
Главными параметрами, по которым система ASR оценивает необходимость и величину вмешательства, являются частоты вращения колёс и действительный крутящий момент двигателя автомобиля («фактический крутящий момент»). На основании частот вращения всех колёс система оценивает величину проскальзывания ведущих колёс. Когда это значение на одном из колёс превышает установленный предел, система ASR активируется и вычисляет, насколько нужно снизить крутящий момент двигателя, чтобы проскальзывание колеса снова уменьшилось до не критического значения. Блок управления двигателем получает «указание», соответственно, снизить крутящий момент в виде сообщения с указанием требуемого крутящего момента («номинального крутящего момента»).

Одновременно с этим на автомобилях с АКП или АМКП (автоматизированной механической КП) блок управления коробки передач получает указание не выполнять во время срабатывания антипробуксовочной системы ASR переключения передач.

Блок управления двигателем может уменьшать мощность двигателя за счёт изменения ряда управляющих параметров:

- ▶ изменение угла открытия дроссельной заслонки;
- ▶ уменьшение цикловой подачи топлива или пропуск отдельных впрыскиваний;
- ▶ изменение угла опережения зажигания (в сторону «поздно») или отмена отдельных зажигания.

Какие именно меры используются, зависит от конкретного применения (модель автомобиля, мощность двигателя и т. п.).



Применение антипробуксовочной системы (ASR) и электронной блокировки дифференциала (EDS)

Функции ASR и EDS дополняют друг друга. Обе системы имеют целью улучшение использования потенциала сцепления колёс с дорожным полотном для создания тяговых усилий.

Антипробуксовочная система ASR использует уменьшение крутящего момента двигателя и поэтому действует в равной мере на оба колеса ведущей оси. Когда оба ведущих колеса одновременно демонстрируют одинаковое проскальзывание (т. е. оба находятся на одинаково скользкой поверхности), антипробуксовочная система ASR сама по себе является подходящим средством его ограничения.

Однако возможны и ситуации, когда ведущие колёса опираются на разные поверхности с совершенно разным сцеплением. Тогда одно колесо (находящееся на более скользкой поверхности) будет демонстрировать значительно большее проскальзывание. В таких случаях сначала электронная блокировка дифференциала EDS подтормаживает проскальзывающее колесо.

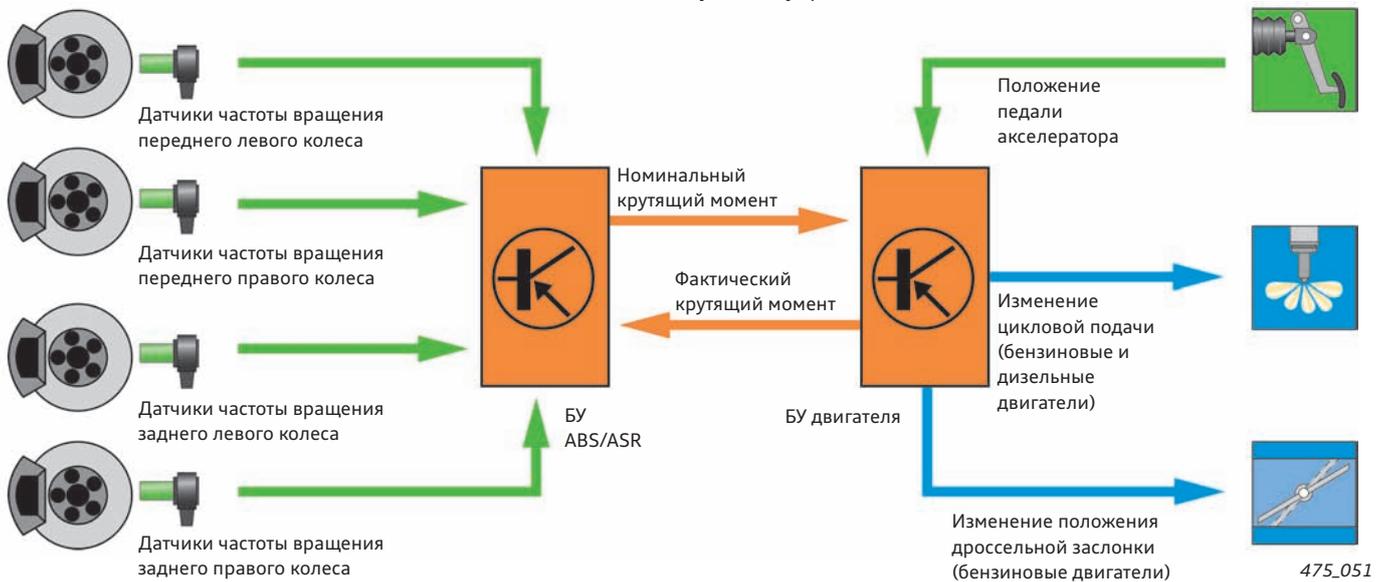
Если затем проскальзывание станет слишком большим и примерно одинаковым на обоих ведущих колёсах, антипробуксовочная система ASR уменьшит крутящий момент двигателя.

Регулирование крутящего момента при торможении двигателем (MSR)

Назначение функции MSR состоит в том, чтобы ограничивать тормозное проскальзывание ведущих колёс при торможении двигателем. Реализующее эту функцию ПО работает в блоке управления ABS.

Когда водитель во время движения снимает ногу с педали акселератора, число оборотов двигателя автомобиля резко падает, что вызывает соответствующее затормаживание ведущих колёс. В результате возникает тормозное проскальзывание колёс, величина которого зависит от условий сцепления шин с дорожным полотном. В наиболее неблагоприятных случаях может даже происходить блокирование колёс, влекущее за собой потерю автомобилем управляемости. Аналогичное явление может происходить, когда водитель включает слишком низкую в текущей ситуации передачу.

Анализируя частоты вращения всех колёс автомобиля, управляющее ПО определяет значения проскальзывания ведущих колёс. Если значение тормозного проскальзывания одного из колёс превышает заданное, функция MSR активируется и рассчитывает по получаемому от блока управления двигателя значению фактического крутящего момента крутящий момент, который необходим, чтобы тормозное проскальзывание не превышало допустимых значений. Это рассчитанное значение передаётся в блок управления двигателем в качестве номинального крутящего момента. Блок управления двигателем реализует номинальный крутящий момент, соответствующим образом изменяя параметры регулирования двигателя (изменяет положение дроссельной заслонки). За счёт этого частота вращения ведущих колёс повышается, а проскальзывание — уменьшается. Значения проскальзывания колёс поддерживаются в диапазоне, обеспечивающем оптимальное торможение двигателем и достаточный запас сцепления для восприятия шинами боковых направляющих усилий (управляемость автомобиля).



Функция MSR активируется при необходимости, когда соблюдены следующие условия:

- ▶ не нажата педаль акселератора;
- ▶ не нажата педаль сцепления;
- ▶ включена передача.

При соблюдении названных условий функция MSR активна и при заторможенном автомобиле.

На автомобилях с автоматическими коробками передач системы ABS/ESC Bosch обладают дополнительной функцией, действующей при одновременном нажатии педалей акселератора и тормоза. Эта функция предназначена для работы при трогании автомобиля и действует до скорости примерно 15 км/ч. Если нажать сначала педаль тормоза, а затем, не отпуская тормоз, педаль акселератора, блок управления ABS J104 передаёт по шине данных сообщение в блок управления двигателем.

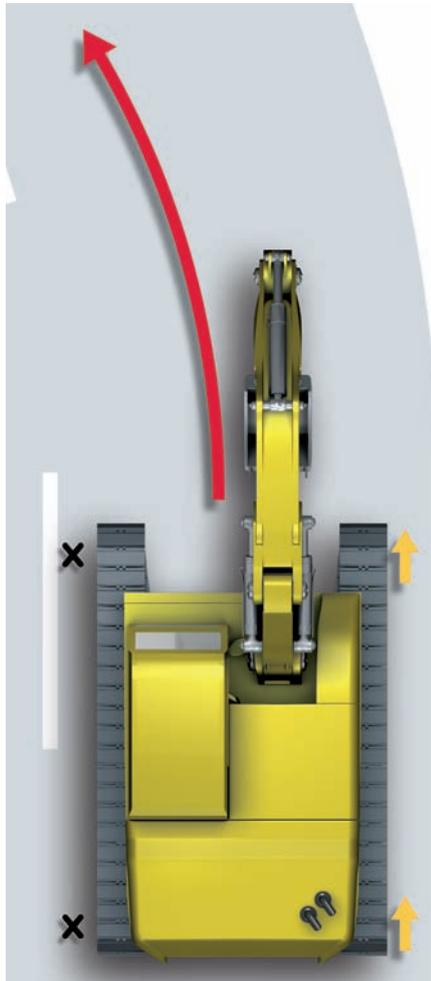
Это сообщение представляет собой «указание» блоку управления двигателем уменьшить крутящий момент. Величина уменьшения крутящего момента зависит от степени нажатия педали тормоза водителем. Если нажатие педали акселератора превышает нажатие педали тормоза больше, чем на определённую заданную величину (примерно 30%), функция выключается. Выключение функции происходит также в режиме «Kick-Down».

Электронная система поддержания курсовой устойчивости (ESC)

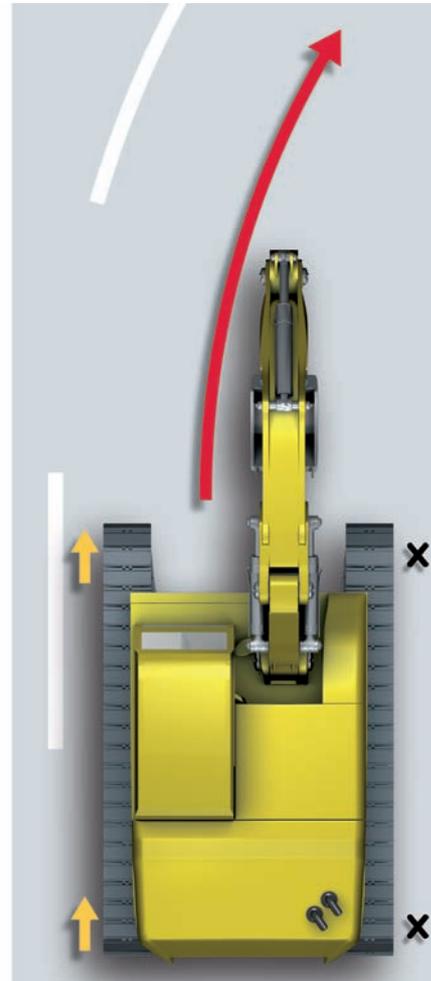
Принцип работы

Основной принцип работы системы ESC (Electronic Stability Control) очень простой — подтормаживая отдельные колёса, она влияет на направление движения автомобиля.

Особенно наглядно это становится на примере гусеничных транспортных средств, для которых такой манёвр является основным способом поворота.



Подтормаживание левой гусеницы приводит к повороту влево



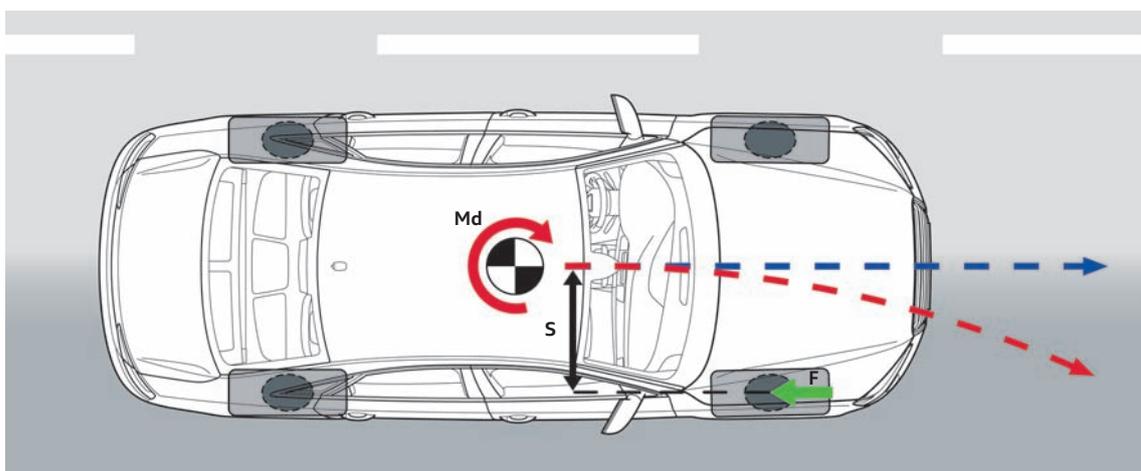
Подтормаживание правой гусеницы приводит к повороту вправо

475_052

В показанном ниже примере у автомобиля, движущегося прямо, подтормаживается правое переднее колесо. Действующая в пятне контакта этого колеса тормозная сила F имеет плечо s относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс автомобиля. Тем самым эта тормозная сила создаёт вращающий момент M_d относительно вертикальной оси автомобиля.

Вращающий момент = сила \times плечо действия силы.
 $M_d = F \times s$.

При отсутствии коррекции со стороны водителя (поворотом рулевого колеса) этот вращающий момент вызовет изменение направления движения автомобиля (автомобиль начнёт поворачивать вправо).



475_053

Конструкция — основные компоненты

По сравнению с системой ABS с EDS в этом случае используется модифицированный гидравлический блок. Управляющее ПО для ESC и других соответствующих систем установлено центрально в одном блоке управления. Для работы функции ESC, помимо датчиков частоты вращения колёс, требуются дополнительные датчики, непосредственно регистрирующие движения (ускорения) автомобиля. На всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi эти датчики регистрации ускорений автомобиля установлены также центрально или в блоке управления ABS/ESC (Audi A1, Audi A3), или в блоке управления электромеханического стояночного тормоза (Audi Q3).

Дополнительно к ABS с EDS требуется также датчик, регистрирующий угол поворота рулевого колеса. Информация о состоянии системы передаётся водителю посредством контрольных ламп и индикации на дисплее. Водитель может отключать различные системы или переключать их настройки с помощью одного переключателя (клавиши) в зависимости от модели автомобиля.



475_054

Изменённые/дополнительные компоненты системы, необходимые для реализации функции ESC

Назначение и принцип действия

Как следует уже из названия, система поддержания курсовой устойчивости (ESC) служит для обеспечения курсовой устойчивости автомобиля в критических ситуациях. Для этого система может оказывать влияние на движение автомобиля тремя способами:

- ▶ активное (без участия водителя) создание тормозного давления с подтормаживанием определённого колеса или колёс;
- ▶ уменьшение мощности двигателя (через систему управления двигателем);
- ▶ исключение переключения передач (через систему управления КП).

На автомобилях с динамическим рулевым управлением система ESC может при необходимости инициировать также корректирующие рулевые моменты, способствующие поддержанию курсовой устойчивости (подробнее см. стр. 64/65).

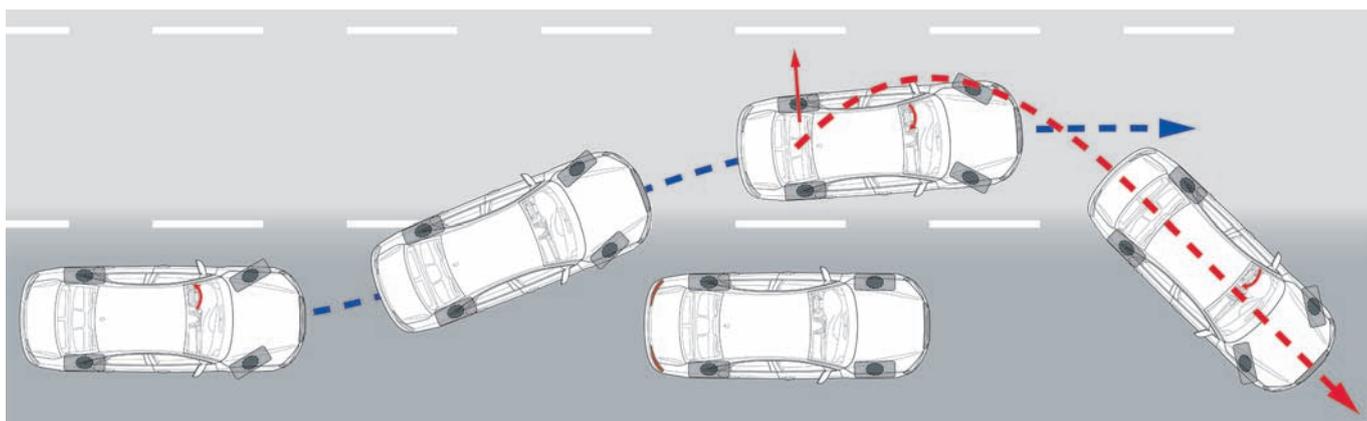
Преимущественным способом работы системы является подтормаживание колёс.

Уменьшение мощности двигателя осуществляется теми же способами, что и при работе функции ASR (см. стр. 26/27).

Ниже срабатывание системы ESC с подтормаживанием колеса иллюстрируется на примере объезда препятствия:

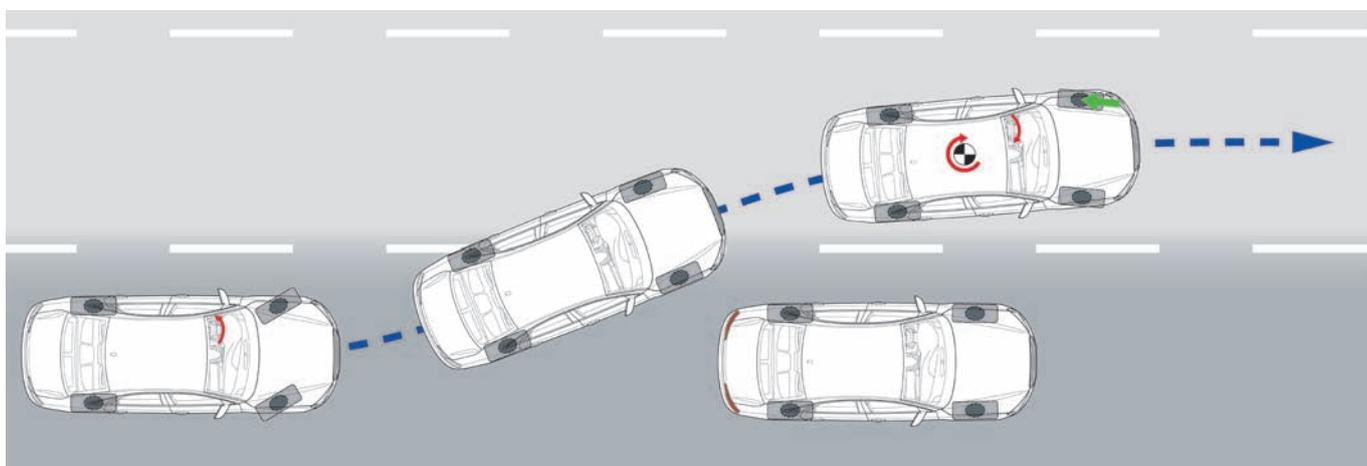
Водитель замечает стоящий перед ним на той же полосе автомобиль. Резко повернув рулевое колесо, он направляет свой автомобиль на соседнюю (левую) полосу. Из-за плохих условий сцепления с дорогой автомобиль демонстрирует избыточную поворачиваемость с заносом задней оси. Без соответствующего корректирующего вмешательства системы ESC автомобиль развернуло бы поперёк полосы. Простого обратного движения рулём, которое мог бы предпринять водитель, оказалось бы недостаточно.

ESC реагирует в этой ситуации активным созданием тормозного давления на левом переднем колесе. В результате создаётся разворачивающий момент, направленный в противоположную заносу сторону, который стабилизирует автомобиль по курсу. Продолжительность срабатываний системы ESC измеряется миллисекундами. Для реализации тормозного давления используются уже описанные выше функции увеличения, удержания и уменьшения давления.



Без системы ESC: автомобиль демонстрирует избыточную поворачиваемость и не удерживается на заданной траектории движения.

475_055



С системой ESC: подтормаживание левого переднего колеса создаёт разворачивающий момент (относительно вертикальной оси автомобиля). Это компенсирует избыточную поворачиваемость, и автомобиль остаётся на заданном курсе.

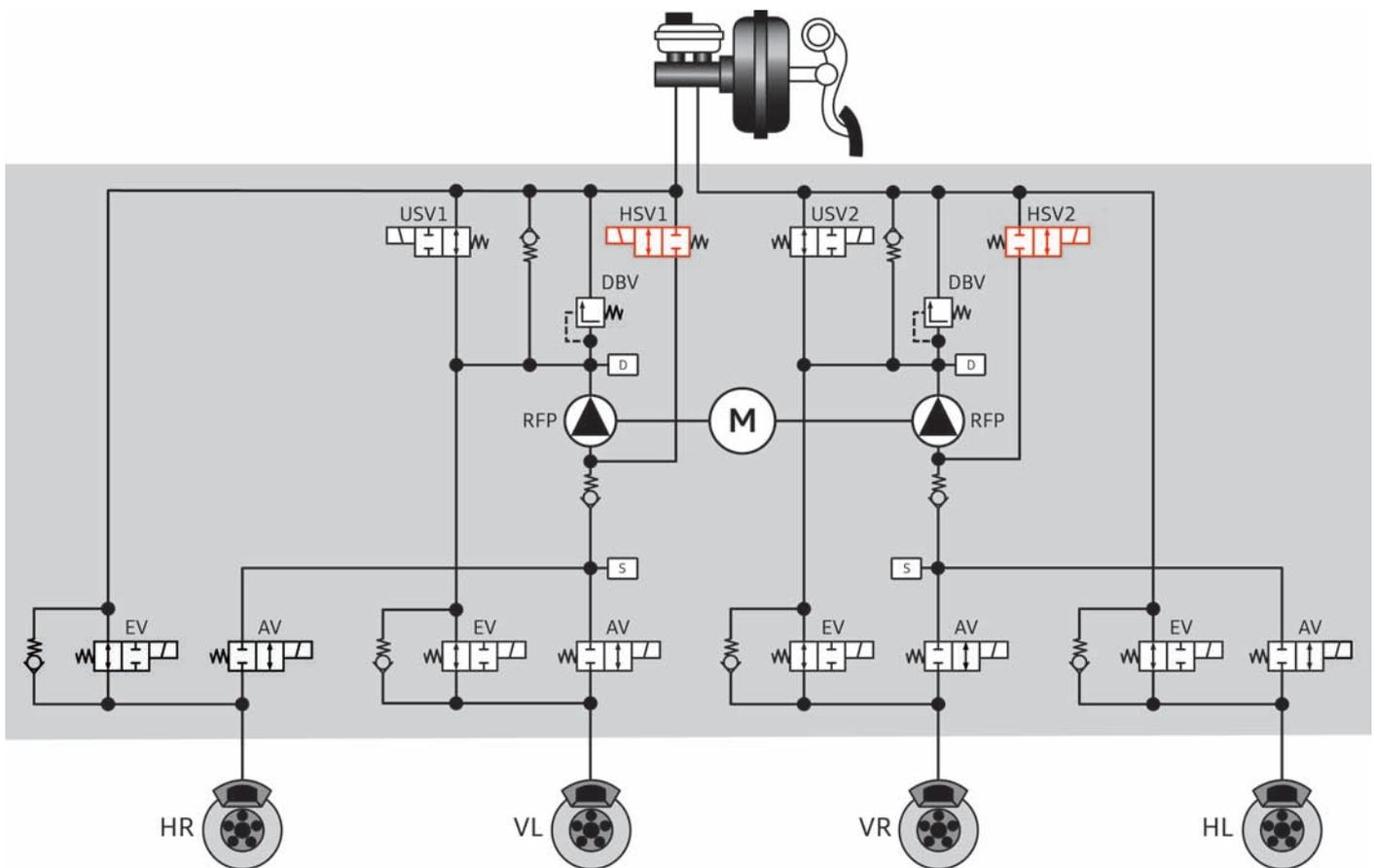
475_056

Компоненты системы

Гидравлический блок

По сравнению с гидравлическим блоком только для ABS/EDS для реализации функции ESC требуются дополнительные компоненты. Электронная блокировка дифференциала EDS в состоянии автоматически создавать тормозное давление на ведущих колёсах. Функция поддержания курсовой устойчивости ESC должна быть в состоянии создавать тормозное давление на каждом из четырёх колёс автомобиля, в том числе и на автомобилях с передним приводом. Кроме того, в отличие от EDS впускные клапаны для насоса обратной подачи должны быть в состоянии переключаться и в условиях действия полного тормозного давления, созданного водителем. Это нужно потому, что в отличие от функции EDS функция ESC должна в соответствующих случаях работать и во время торможения.

При срабатывании во время торможения функция дополнительно повышает тормозное давление на соответствующем колесе по сравнению с давлением, задаваемым нажатием педали тормоза водителем. Поэтому в качестве впускных клапанов в гидравлическом блоке для ESC используются специальные клапаны высокого давления. Гидравлически три функции увеличения, удержания и уменьшения давления реализуются так же, как и при работе EDS (см. стр. 25). На выпускающихся в настоящее время моделях Audi блок управления конструктивно выполнен как один узел с гидравлическим блоком.



475_057

- HSV 1: переключающий клапан высокого давления для контура плавающего поршня ГТЦ.
- HSV 2: переключающий клапан высокого давления для контура цилиндра толкателя ГТЦ.
- AV: выпускной клапан.
- D: успокоитель.
- DBV: редукционный клапан.
- EV: впускной клапан.
- RFP: насос обратной подачи.
- S: аккумулятор давления.
- USV 1: переключающий клапан для контура плавающего поршня ГТЦ.
- USV 2: переключающий клапан для контура цилиндра толкателя ГТЦ.

Блок управления

ПО для работы функции поддержания курсовой устойчивости ESC установлено вместе с ПО для функций ABS, EBV, EDS и ASR в одном блоке управления.

Блок управления постоянно определяет и сравнивает между собой параметры требуемого (номинального) и фактического поведения автомобиля. Когда разница между фактическими и номинальными параметрами превосходит определённые заданные значения, активируется функция ESC.

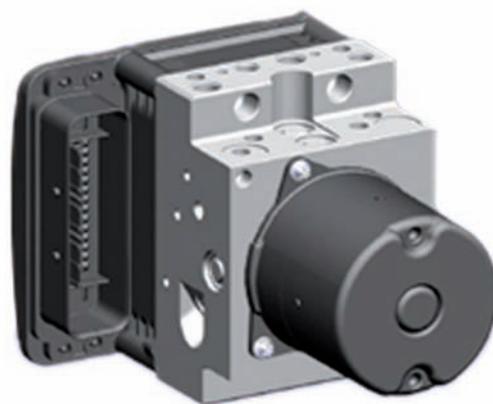
Определение фактических характеристик движения автомобиля:

Анализируются измеряемые величины скорости поворота вокруг вертикальной оси, продольного и поперечного ускорения.

По значениям, измеряемым датчиками частоты вращения колёс, определяются значения проскальзывания колёс, а также скорость движения автомобиля и его ускорение или замедление.

Датчик(и) тормозного давления сообщают информацию о текущем давлении в первичном контуре тормозной системы.

На автомобилях с автоматической коробкой передач, кроме того, блок управления ABS/ESC получает по шине данных информацию о включённой передаче.

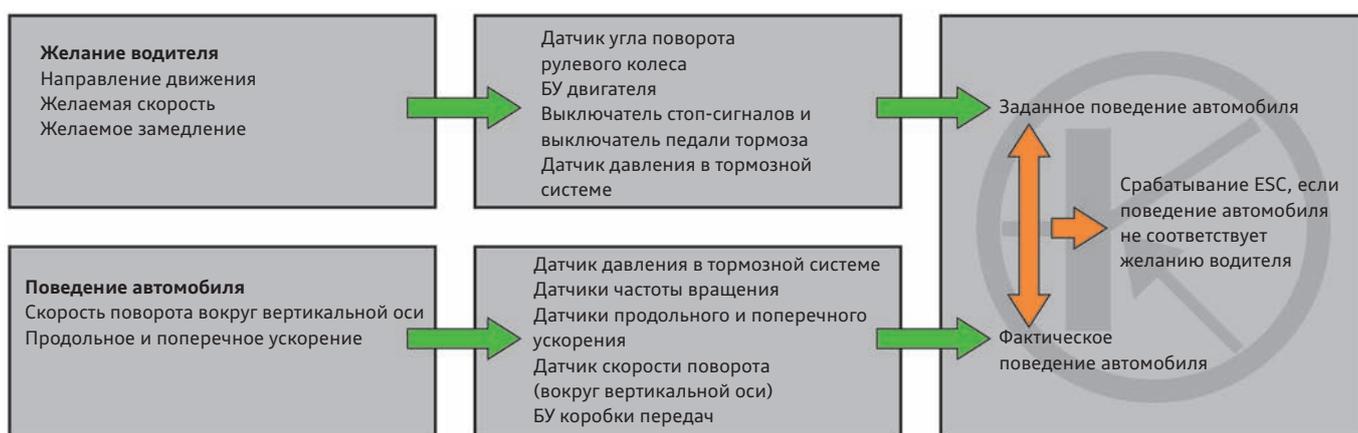


475_029a

Определение номинальных (требующихся) характеристик движения автомобиля:

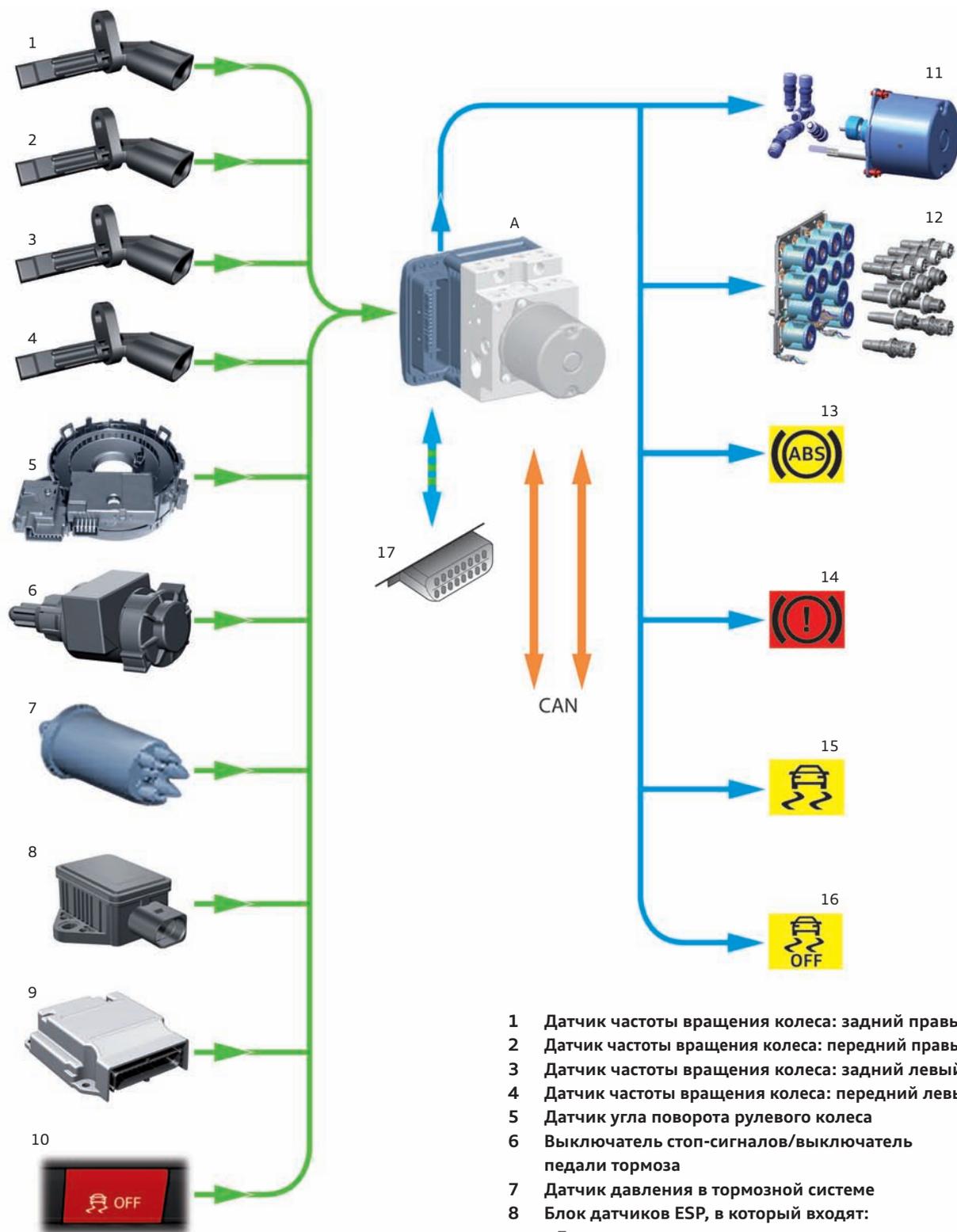
Для определения параметров номинального движения автомобиля должны регистрироваться следующие действия водителя: поворот рулевого колеса, нажатие педали акселератора (ускорение/замедление) и торможение.

Измеряемое значение угла поворота рулевого колеса даёт информацию о выбираемом водителем направлении движения автомобиля. Информация о нажатии педали акселератора водителем поступает в блок управления ABS/ESC по шине данных от блока управления двигателем. Нажатие водителем педали тормоза блок управления регистрирует по сигналу выключателя стоп-сигналов. Измеряемое значение давления в тормозной системе служит резервным сигналом, который затем используется также как основание для расчёта стабилизирующего использования тормозных механизмов функцией ESC.



475_058

Компоненты системы ESC



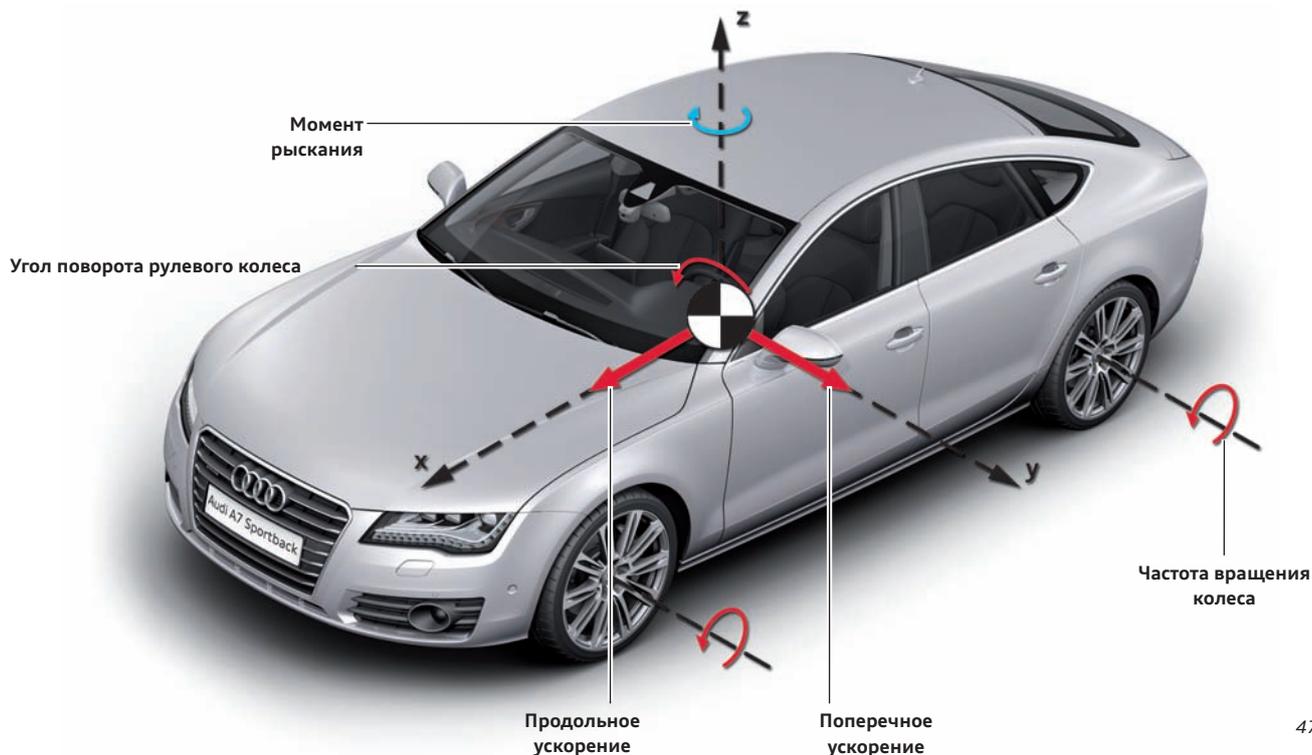
475_059

- | | | |
|----|---|-------|
| 1 | Датчик частоты вращения колеса: задний правый | G44 |
| 2 | Датчик частоты вращения колеса: передний правый | G45 |
| 3 | Датчик частоты вращения колеса: задний левый | G46 |
| 4 | Датчик частоты вращения колеса: передний левый | G47 |
| 5 | Датчик угла поворота рулевого колеса | G85 |
| 6 | Выключатель стоп-сигналов/выключатель педали тормоза | F/F47 |
| 7 | Датчик давления в тормозной системе | G201 |
| 8 | Блок датчиков ESP, в который входят: | G419 |
| | - Датчик поперечного ускорения | G200 |
| | - Датчик скорости поворота | G202 |
| | - Датчик продольного ускорения | G251 |
| 9 | Блок управления датчиков системы регулирования динамики движения (может использоваться вместо G419) | J849 |
| 10 | Клавиша отключения ASR и ESC | E256 |
| 11 | Гидравлический блок с насосом обратной подачи и переключающими клапанами | |
| 12 | Электромагнитные клапаны | |
| 13 | Контрольная лампа ABS | K47 |
| 14 | Контрольная лампа тормозной системы | K118 |
| 15 | Контрольная лампа ESC и ASR | K155 |
| 16 | Контрольная лампа 2 ESC и ASR | K216 |
| 17 | Диагностический разъём | |
| A | Блок управления ABS/ESC | |

Датчики

Чтобы осуществлять эти исключительно сложные регулирующие процессы, одних только сигналов частоты вращения колёс недостаточно. Очень важно также иметь информацию об ускорениях, испытываемых автомобилем (динамика движения), а также об угле поворота рулевого колеса.

Все движения (ускорения) автомобиля регистрируются специальными датчиками поперечного ускорения, продольного ускорения и поворота вокруг вертикальной оси. Угол поворота рулевого колеса отражает желание водителя (желаемое направление движения автомобиля).



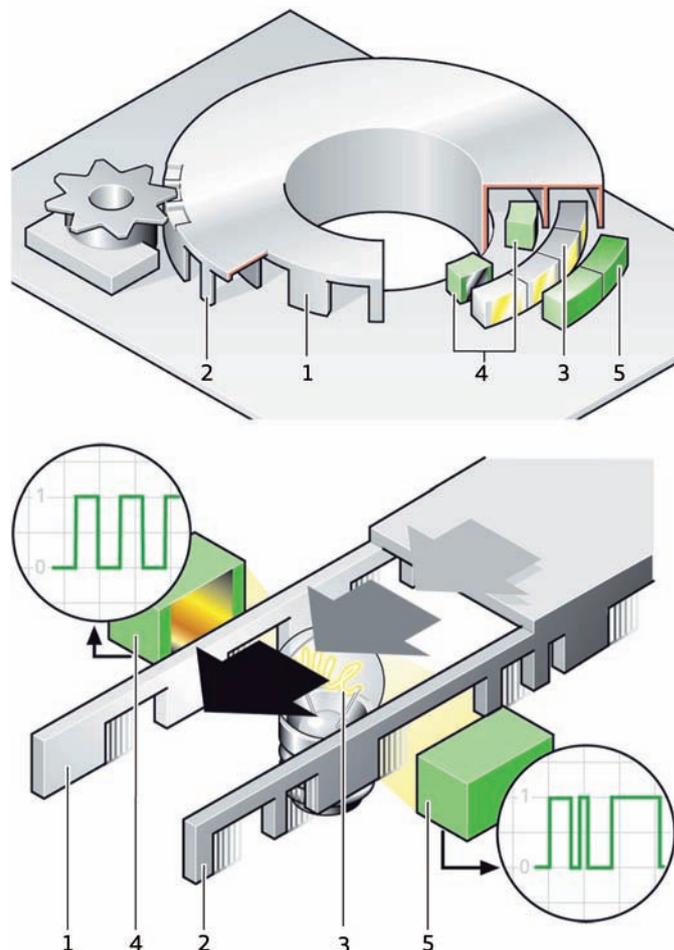
Датчик угла поворота рулевого колеса

На выпускающихся в настоящее время моделях Audi могут использоваться три различных датчика. Все используемые датчики выкладывают сигнал с информацией об угле поворота рулевого колеса на шину данных.

Датчик в Audi Q7 работает на оптическом принципе.

Когда свет от диода (3), проходя через инкрементальную кольцевую маску (1) и абсолютную кольцевую маску (2), попадает на оптические детекторы (4+5), в них возникает напряжение, изменяющееся в зависимости от прохождения перекрывающих свет участков маски.

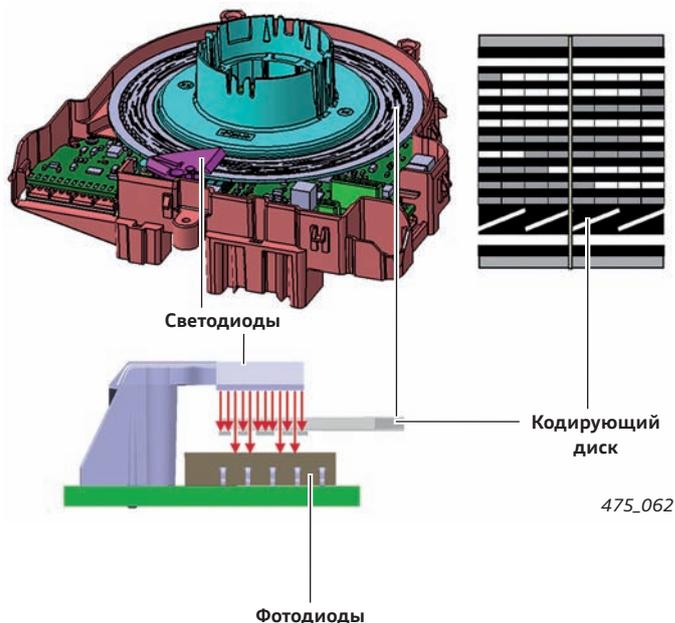
Эта «кодировка» анализируется электроникой и несёт в себе информацию об угле поворота рулевого колеса в диапазоне 0–360°.



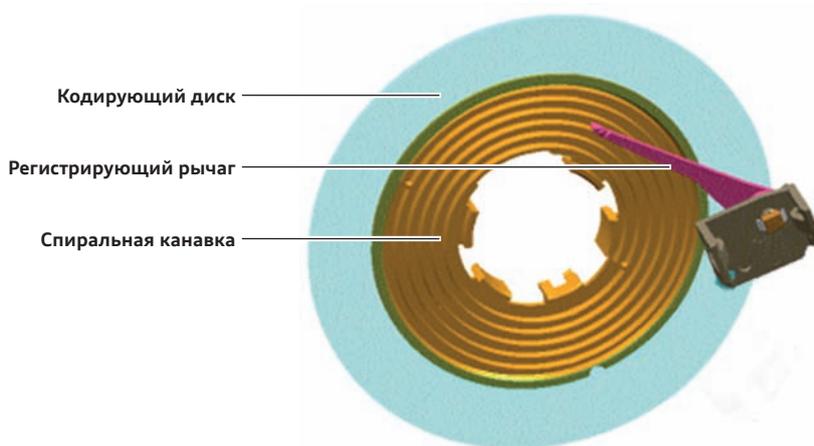
На выпускающихся в настоящее время моделях Audi A3, Audi TT, Audi Q5, Audi A8, Audi R8 используется датчик, регистрирующий угол поворота с помощью своего рода видеокамеры.

В качестве «камеры» используются установленные в корпусе датчика фотодиоды. С осью рулевой колонки жёстко связан кодировочный диск. На этом диске нанесены различные кодирующие элементы — как аналоговые, так и цифровые (аналогично штрихкоду). Участки между кодирующими элементами прозрачные. В качестве источников света используются светодиоды.

Фотодиоды воспринимают свет, проходящий через прозрачные участки диска, между кодирующими элементами и тем самым регистрируют положение диска, изменяющееся при каждом перемещении рулевого колеса. Распознавание того, находится ли рулевое колесо в пределах первого (0° – 360°) или второго (361° – 720°) оборота, происходит с помощью дополнительного механического регистратора. Механический регистратор представляет собой диск со спиральной канавкой, по которой скользит регистрирующий рычаг (аналогично тому, как по грампластинке скользит игла). Анализируя сигнал фотодиодов «камеры» и сравнивая его с положением регистрирующего рычага, можно определить угол поворота рулевого колеса.



475_062



475_063

На выпускающихся в настоящее время моделях Audi A6 и Audi A7 используется комбинированный датчик, работающий на оптическом и магнитном принципах. При этом работа оптического датчика аналогична описанной выше. С ротором, жёстко закреплённым на оси рулевой колонки, тесно связан кодировочный диск. На самом роторе имеется наружный зубчатый венец. Этот зубчатый венец находится в постоянном зацеплении с небольшой шестерёнкой, ось которой закреплена в корпусе датчика. Эта шестерёнка связана с постоянным магнитом с двумя полюсами. При каждом повороте рулевого колеса магнит приходит во вращение. Два датчика Холла, установленных в корпусе датчика, регистрируют положение (угол поворота) магнита. Анализируя сигналы оптических регистраторов и датчиков Холла, электроника датчика может однозначно определить угол поворота рулевого колеса во всём диапазоне его вращения.



475_064

Датчики поперечного ускорения, продольного ускорения и скорости поворота относительно вертикальной оси

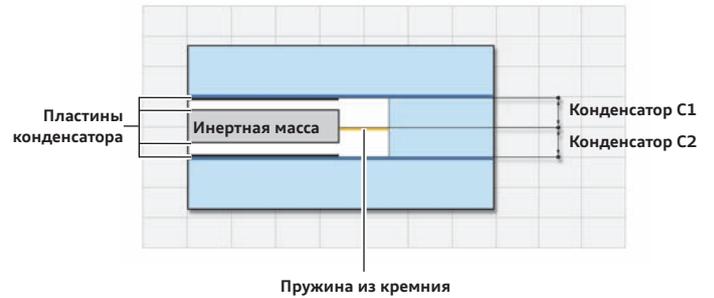
Существуют два различных исполнения блока со встроенными датчиками.

Исключение составляют модели Audi A1, Audi A3 и Audi Q3. На Audi A1 и Audi A3 датчики установлены в блоке управления ABS J104. На Audi Q3 датчики установлены в блоке управления электромеханического стояночного тормоза J540.

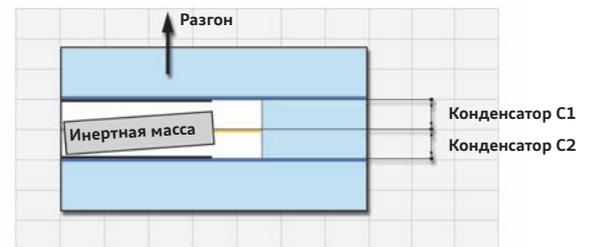
«Классический» блок датчиков ESP G419 устанавливается на автомобилях без шины данных FlexRay.



Датчики поперечного и продольного ускорения работают на принципе так называемой «инертной массы». В упрощённом виде такой датчик можно представить себе пластину (имеющую, разумеется, определённую массу), упруго закреплённую между двумя конденсаторными обкладками. Эта пластина имеет с обеих сторон плоские контакты, также выполняющие роль конденсаторных обкладок, которые в совокупности с внешними обкладками образуют два конденсатора.



При ускорении автомобиля упруго закреплённая пластина вследствие своих инертных свойств изменяет своё положение между двумя внешними конденсаторными обкладками. За счёт этого изменяется и расстояние между обкладками обоих конденсаторов. С увеличением расстояния уменьшается ёмкость конденсатора. В примере рядом ёмкость конденсатора C1 становится меньше, а C2 — больше. Изменения ёмкости регистрируются электронной схемой и служат прямой мерой соответствующего ускорения.



На моделях Audi A3 и Audi TT датчик продольного ускорения требуется, когда они оснащаются полным приводом quattro и/или ассистентом трогания на подъёме/ассистентом трогания. На этих моделях в состав полного привода quattro входит муфта Haldex. Благодаря конструкции муфты при её замыкании колёса передней и задней осей оказываются жёстко связанными друг с другом.

В такой ситуации и при низком сцеплении с дорожным покрытием система ESC может оказываться не в состоянии точно установить на базе значений частоты вращения колёс фактическую скорость автомобиля. Сигнал датчика продольного ускорения может в таких случаях использоваться в качестве резервного. Для работы функций ассистента трогания на подъёме и ассистента трогания системе требуется знать угол

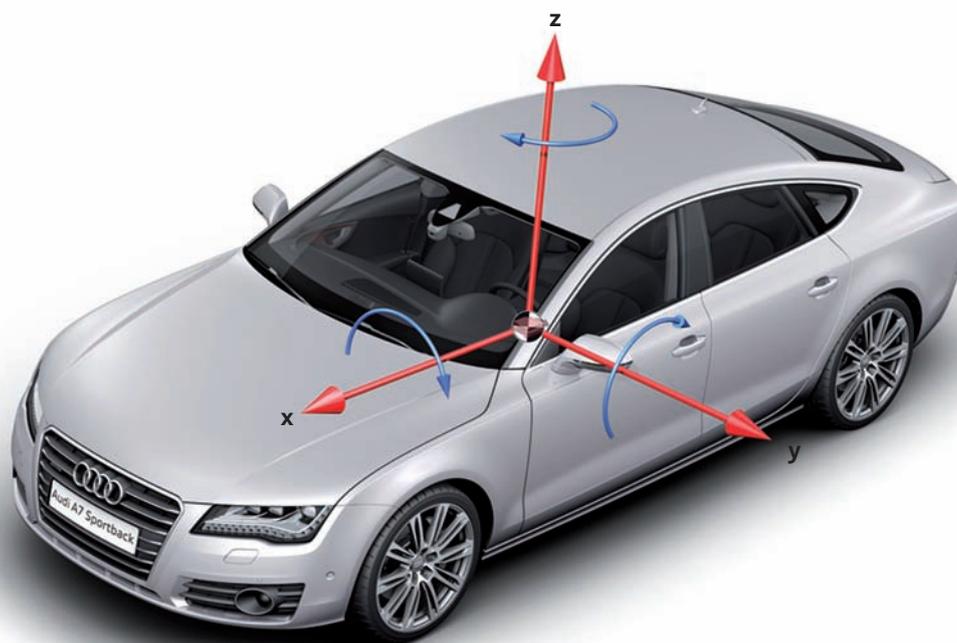
наклона дорожного полотна. Работа датчика продольного ускорения также основана на принципе «инертной массы». Когда автомобиль стоит на наклонной дороге, сила тяжести, действующая на пластину датчика, приобретает продольную составляющую, которая зависит от угла наклона. Эта составляющая воздействует на «инертную массу» пластины точно так же, как и ускорение, и точно так же может регистрироваться датчиком.

Более старые модели с электромеханическим стояночным тормозом также оснащаются датчиком продольного ускорения. Сигнал этого датчика используется как в работе электромеханического тормоза, так и для ассистента трогания с места и ассистента трогания на подъёме. В зависимости от модели автомобиля датчик продольного ускорения может быть установлен в блоке управления ABS J104 в блоке датчиков для ESP G419 или в блоке управления датчиков системы регулирования динамики движения J849.

В современных моделях, оснащаемых шиной данных FlexRay (Audi A6, Audi A7 и Audi A8) динамические параметры автомобиля регистрируются блоком управления датчиков системы регулирования динамики движения J849. Этот блок управления может устанавливаться в различных исполнениях в зависимости от комплектации автомобиля. В максимальной комплектации в его состав входят датчики продольных, поперечных и вертикальных ускорений, а также скорости поворота автомобиля относительно всех трёх пространственных осей, x , y и z . Для работы функции ESC требуются сигналы поперечного и продольного ускорения, а также скорости поворота вокруг вертикальной оси.



475_068



475_069



Дополнительная информация

Подробную информацию по устройству и работе блока управления датчиков системы регулирования динамики движения можно найти в программе самообучения SSP 458.

Гидравлический тормозной ассистент (НВА)

Исследования поведения водителей в экстренных ситуациях показывают, что большинство водителей при экстренном торможении нажимает педаль тормоза недостаточно сильно. Тем самым физический потенциал сцепления колёс с дорогой используется не полностью, и автомобиль проходит «лишний» тормозной путь, которого вполне можно было бы избежать.

Протекание процесса торможения при срабатывании НВА

Для срабатывания ассистента НВА должны быть выполнены следующие условия:

- ▶ Тормозное давление, созданное водителем, должно быть не меньше определённого значения (примерно 30 бар).
- ▶ Скорость увеличения давления должна быть не меньше определённого значения.
- ▶ Выключатель стоп-сигналов на педали тормоза должен быть замкнут (водитель нажимает педаль тормоза).

При экстренном торможении (чтобы избежать столкновения и т. п.) водитель нажимает педаль тормоза заметно быстрее и сильнее, чем при обычном, заблаговременном («комфортном») торможении. В результате тормозное давление возрастает очень быстро. Если при обычном торможении скорость возрастания давления находится в диапазоне 30–60 бар/с, при экстренном торможении она многократно выше.

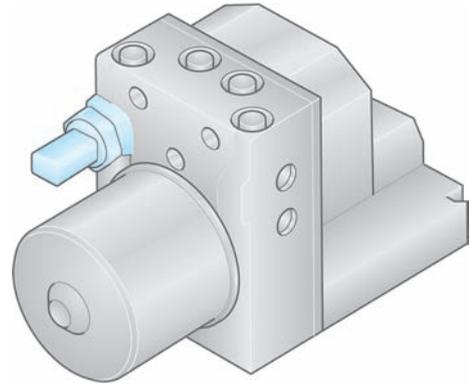
ПО функции распознаёт аварийное торможение, анализируя скорость возрастания тормозного давления. Данные о давлении поступают от установленных в гидравлическом блоке ESC датчиков давления.

Последующее срабатывание функции подразделяется на три этапа.

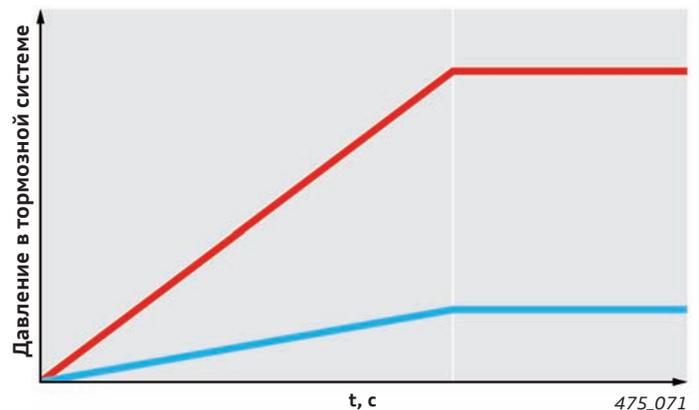
Этап 1

Превышено определённое значение скорости увеличения тормозного давления водителем, распознана ситуация экстренного торможения. Иницируется активное (средствами системы) увеличение тормозного давления. Для этого управляющие сигналы поступают на клапаны высокого давления и переключают клапаны. Включается насос обратной подачи, который всасывает тормозную жидкость через открытые клапаны. Создаваемое водителем тормозное давление дополнительно повышается за счёт активного создания давления системой на всех четырёх колёсах. Цель этой фазы — как можно быстрее достичь срабатывания ABS.

Назначение гидравлического тормозного ассистента (НВА) состоит в максимальном увеличении тормозного давления при экстренном торможении, чтобы тормозной путь был наименьшим, а автомобиль сохранял управляемость. НВА представляет собой дополнительную функцию системы ESC и устанавливается на всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi. Из соображений безопасности возможности отключить эту функцию у водителя нет.

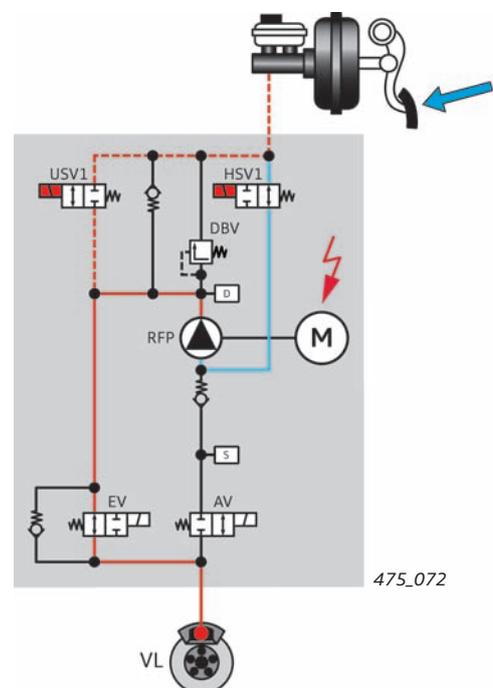


475_070



475_071

- Комфортное торможение
- Экстренное торможение

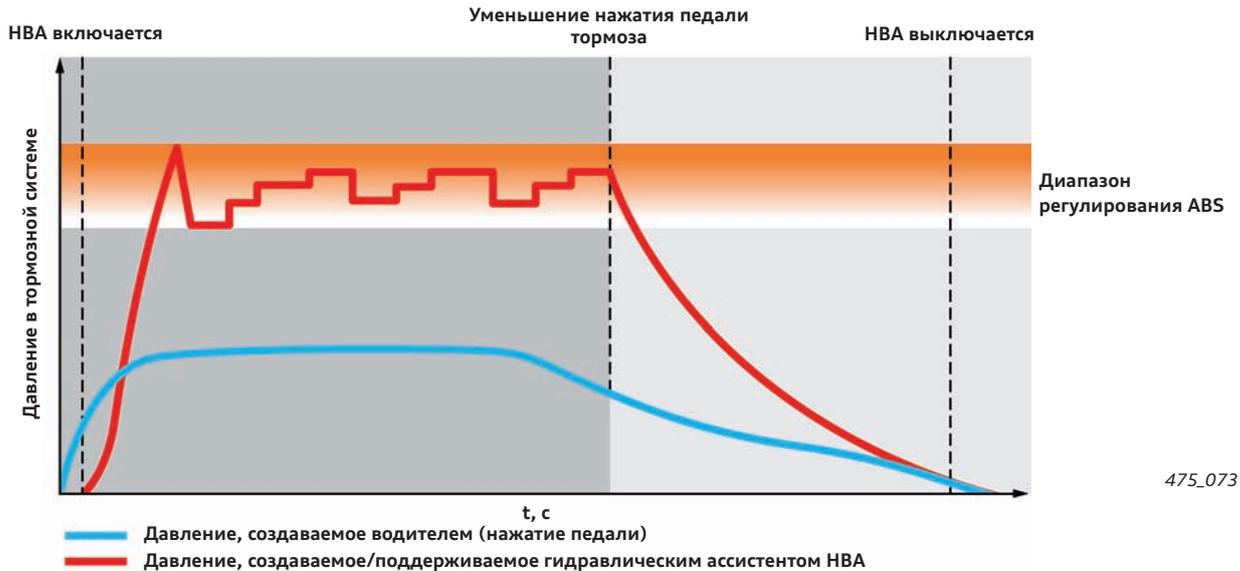


475_072

Этап 2

В результате увеличения интенсивности торможения вплоть до срабатывания ABS автомобиль максимально замедляется, которое только физически возможно при одновременном сохранении полной управляемости.

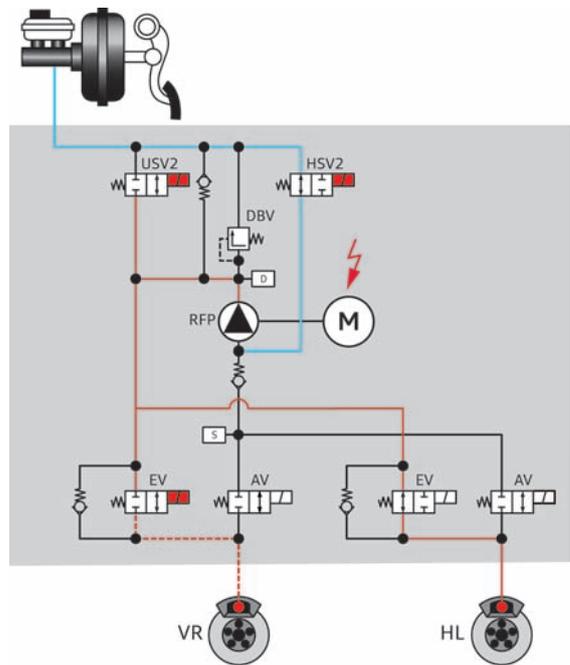
Регулирование тормозного давления системой ABS выполняется с помощью трёх функций — «увеличение давления», «удержание давления» и «уменьшение давления».



При этом в каждом контуре тормозной системы на колесе с более низким давлением регулирование осуществляется с помощью соответствующего впускного клапана, на колесе с более высоким давлением — с помощью соответствующего переключающего клапана.

В приведённом примере тормозное давление на переднем правом (VR) колесе больше, чем на заднем левом (HL). Давление на переднем правом (VR) колесе должно удерживаться от дальнейшего роста с помощью функции «удержание давления», давление на заднем левом (HL) колесе может продолжать расти. Блок управления подаёт напряжение на соответствующий впускной клапан переднего правого колеса. Тем самым прямая связь между насосом и колёсным тормозным механизмом перекрывается. Открытый впускной клапан заднего левого колеса позволяет происходить дальнейшему увеличению давления.

Когда и на этом колесе давление нужно будет удерживать на постоянном уровне, соответствующий впускной клапан будет закрыт.



475_074

Этап 3

Водитель уменьшает нажатие на педаль тормоза. Система управления распознаёт такое действие водителя, анализируя сигнал датчика давления в тормозной системе, и работа функции НВА прекращается.

Гидравлический тормозной ассистент НВА на автомобилях с адаптивным круиз-контролем (ACC)

На автомобилях с адаптивным круиз-контролем (ACC) радарные датчики постоянно контролируют дорожную ситуацию в зоне перед автомобилем. Это происходит и тогда, когда адаптивный круиз-контроль не включён водителем. При распознавании ситуации с высокой вероятностью аварии система изменяет порог срабатывания гидравлического тормозного ассистента НВА. Срабатывание ассистента в этом случае происходит раньше, то есть при меньшей скорости роста тормозного давления. Благодаря более низкому порогу срабатывания тормозной путь автомобиля ещё немного сокращается.



475_075

Электронная блокировка межколёсного дифференциала

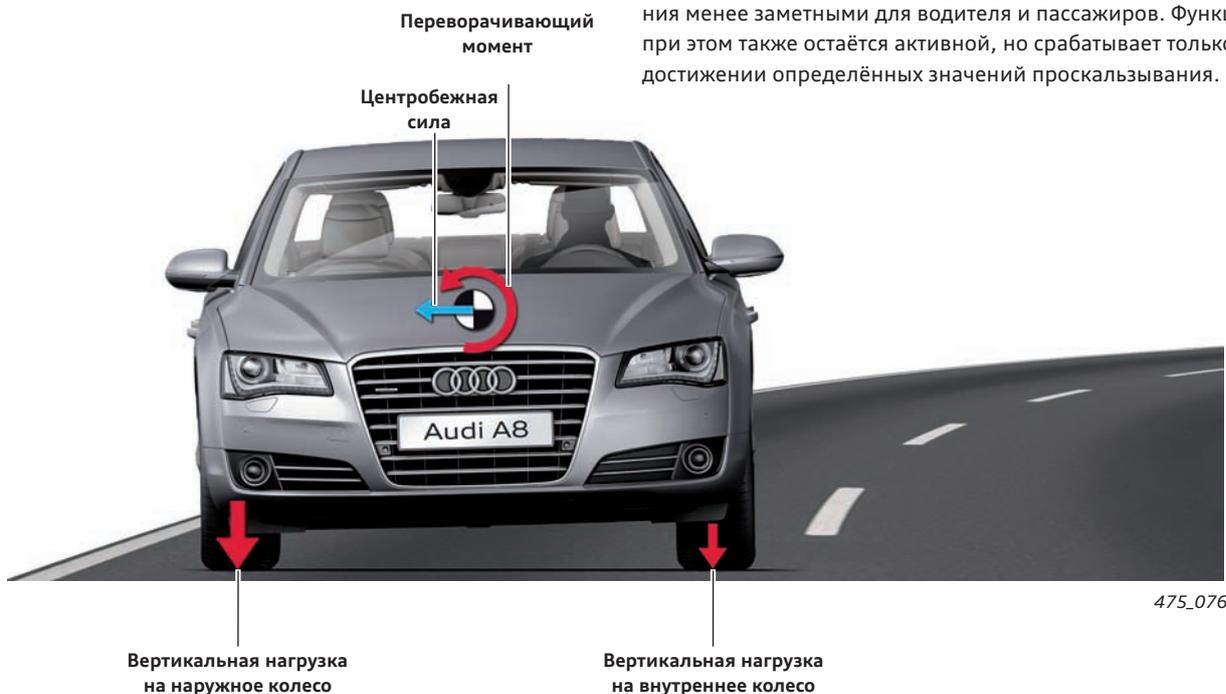
Назначение функции электронной блокировки межколёсного дифференциала — улучшение использования потенциала сцепления колёс с дорогой для создания тяговых усилий, уменьшение/устранение недостаточной поворачиваемости и повышение динамических качеств автомобиля при движении в поворотах. Ею оснащаются все модели Audi с передним приводом. Электронная блокировка межколёсного дифференциала реализуется программно, с помощью дополнительного ПО в блоке управления ABS/ESC. В ситуациях, требующих её вмешательства, эта функция срабатывает всегда, она не может быть отключена водителем.

При движении в повороте (по дуге) на автомобиль всегда действует центробежная сила, приложенная к центру масс автомобиля и направленная радиально в наружную сторону поворота. Вследствие этого внутренние в повороте колёса разгружаются, а наружные — нагружаются. Как уже было пояснено в разделе «Основы динамики автомобиля», с ростом весовой нагрузки увеличиваются при прочих равных условиях и силы, которые могут передаваться в пятне контакта шины с дорогой. Это означает, что наружные в повороте колёса автомобиля могут воспринимать большие тяговые усилия, чем внутренние. Однако при использовании обычного дифференциала воспользоваться этим обстоятельством невозможно.

Дифференциал распределяет поступающий в него крутящий момент всегда поровну, по 50 % между двумя полуосями (см. также по этому вопросу пояснения к работе электронной блокировки дифференциала EDS).

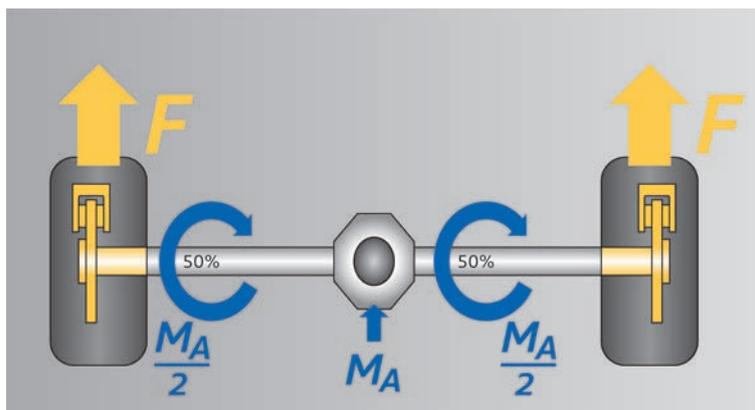
Поскольку разгруженное внутреннее колесо может передавать меньшие тяговые усилия, а значит и воспринимать меньший крутящий момент, то же ограничение крутящего момента будет действовать и для наружного колеса, несмотря на его увеличенный потенциал сцепления с дорогой.

В отличие от электронной блокировки дифференциала EDS данная функция может действовать превентивно, то есть включаться, когда ещё нет критического проскальзывания колёс. Для этого система регулирования оценивает изменение нагрузки на колёса на основании характеристик движения автомобиля. Характеристики движения при этом в основном определяются на основе значений, измеренных датчиком угла поворота рулевого колеса и датчиком поперечного ускорения. Управление осуществляется при помощи тормозных механизмов, аналогично тому, как это делает система EDS. Но поскольку функция начинает работать ещё до появления критического проскальзывания, подтормаживание колёс происходит с существенно меньшими значениями давления, чем при работе EDS. Это снижает износ деталей и делает подтормаживания менее заметными для водителя и пассажиров. Функция EDS при этом также остаётся активной, но срабатывает только при достижении определённых значений проскальзывания.



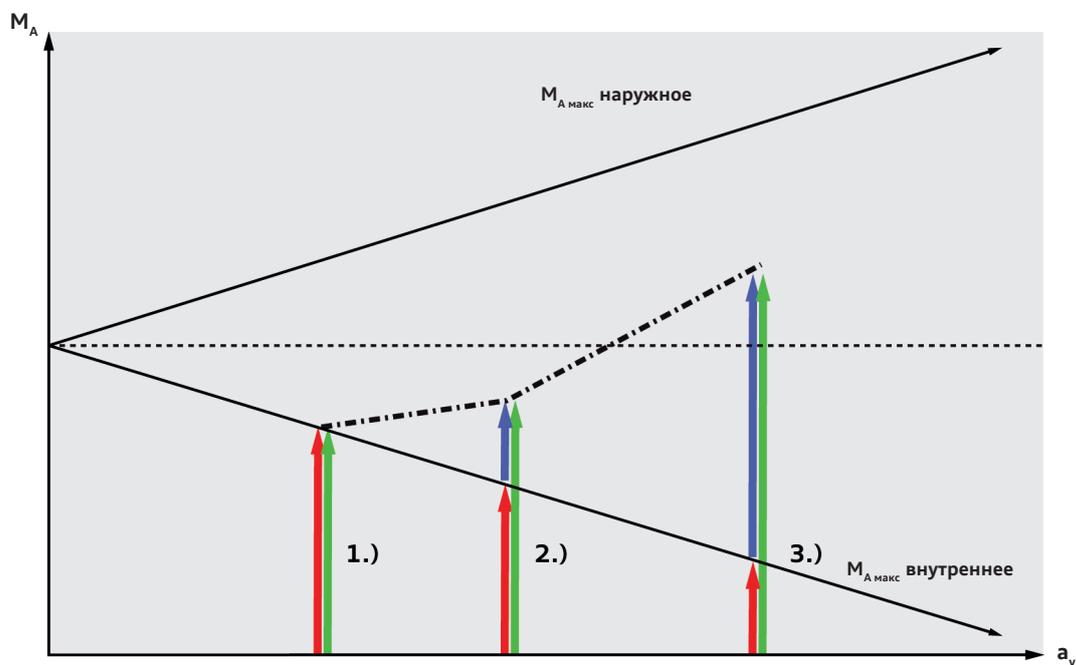
475_076

При воздействии на автомобиль центробежной силы (приложенной в центре масс) возникает переворачивающий момент, в результате которого наружные колёса оказываются нагруженными сильнее, чем внутренние. Нагрузка на наружное колесо > нагрузка на внутреннее колесо.



475_077

Обычный дифференциал всегда передаёт обоим колёсам (на обе полуоси) одинаковые крутящие моменты (по 50 % общего крутящего момента).



475_078

- █ Крутящий момент, передаваемый на внутреннее колесо
- █ Крутящий момент, передаваемый на наружное колесо
- █ Тормозной момент

На иллюстрации показан график зависимости передаваемых на колёса крутящих моментов M_A от испытываемого автомобилем поперечного ускорения a_y . Из графика хорошо видно, что максимальный момент, который может быть передан на наружное колесо, с увеличением поперечного ускорения растёт. Момент, который может быть передан на внутреннее колесо, при этом примерно в той же пропорции уменьшается.

1) Движение в повороте с незаблокированным дифференциалом, без подтормаживания («блокировки» дифференциала):

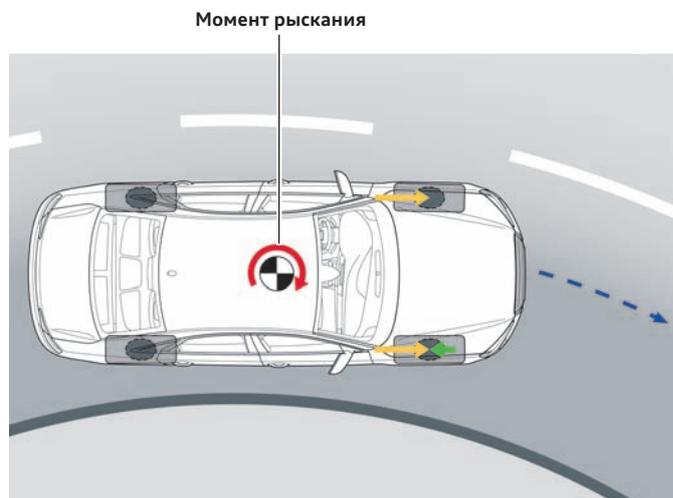
Крутящие моменты, которые могут передаваться дифференциалом на нагруженное наружное колесо и на разгруженное внутреннее, одинаковы. При этом в пятне контакта наружного колеса может быть передан и больший момент, но реализовать этот потенциал с обычным дифференциалом и без дополнительного подтормаживания колёс невозможно.

Большая сила тяги на наружном колесе создаёт разворачивающий момент, действующий относительно вертикальной оси автомобиля. Этот поворачивающий момент облегчает прохождение поворота и заметно улучшает динамические качества автомобиля в повороте.

При низких значениях сцепления колёс с дорогой электронная блокировка межколёсного дифференциала не действует. Возможность отключения функции водителем не предусмотрена.

2) + 3) Движение в повороте с незаблокированным дифференциалом с подтормаживанием («блокировкой» дифференциала):

Система автоматически (т. е. без нажатия водителем педали тормоза) создаёт давление в тормозном контуре внутреннего, разгруженного колеса, в результате на это колесо дополнительно действует тормозящий момент. Дополнительный тормозящий момент повышает общий крутящий момент, воспринимаемый этим колесом от дифференциала, поскольку для преодоления этого дополнительного тормозящего момента требуется и дополнительный крутящий момент. Тем самым на наружное колесо также передаётся больший крутящий момент (равный суммарному моменту на внутреннем колесе).



475_079

Селективное перераспределение крутящего момента между колёсами

Функция селективного перераспределения крутящего момента представляет собой расширение функции электронной блокировки межколёсного дифференциала на автомобили с полным приводом quattro, она обеспечивает возможность автоматического подтормаживания каждого из четырёх колёс по отдельности. Принцип работы функции такой же, как и у электронной блокировки межколёсного дифференциала. Селективное перераспределение крутящего момента с помощью подтормаживания колёс действует ещё до появления критических значений проскальзывания. Характер движения автомобиля остаётся нейтральным заметно дольше.

Недостаточная поворачиваемость при прохождении поворотов с ускорением практически полностью устраняется. Срабатывания системы поддержания курсовой устойчивости ESC происходят заметно позже, если в них вообще ещё возникает нужда. Как и электронная блокировка межколёсного дифференциала, селективное перераспределение крутящего момента не действует в условиях плохого сцепления колёс с дорожным полотном.

Селективное перераспределение крутящего момента также представляет собой дополнительную программную функцию блока управления ABS/ESC. Функция готова к срабатыванию всегда, она не может быть отключена водителем.



Прямолинейное движение:

Нагрузка и крутящий момент перераспределены между колёсами равномерно.



Движение в повороте в режиме тяги:

Центробежная сила вызывает перераспределение нагрузки на наружную в повороте сторону.

За счёт подтормаживания внутренних колёс крутящий момент перераспределяется на наружные, более нагруженные колёса.

Возникающий в результате разворачивающий момент облегчает «втягивание» автомобиля в поворот.



475_080

Системы облегчения трогания с места

На моделях Audi используются три различные системы, которые облегчают водителю трогание с места. Функция «ассистент начала движения на основе EPB» реализуется только на автомобилях, оснащённых EPB (электромеханическим стояночным тормозом) и использует EPB. Эта функция здесь подробнее рассматриваться не будет, так как она работает без активного использования рабочей тормозной системы.

Обе другие функции, «ассистент трогания на подъёме» и «ассистент начала движения», используют для облегчения процесса трогания гидравлику системы ABS/ESC. Необходимое для работы функции ПО установлено в блоке управления ABS/ESC.

Ассистент трогания на подъёме

Ассистент трогания на подъёме впервые был реализован в Audi A3 модельного года 2006.

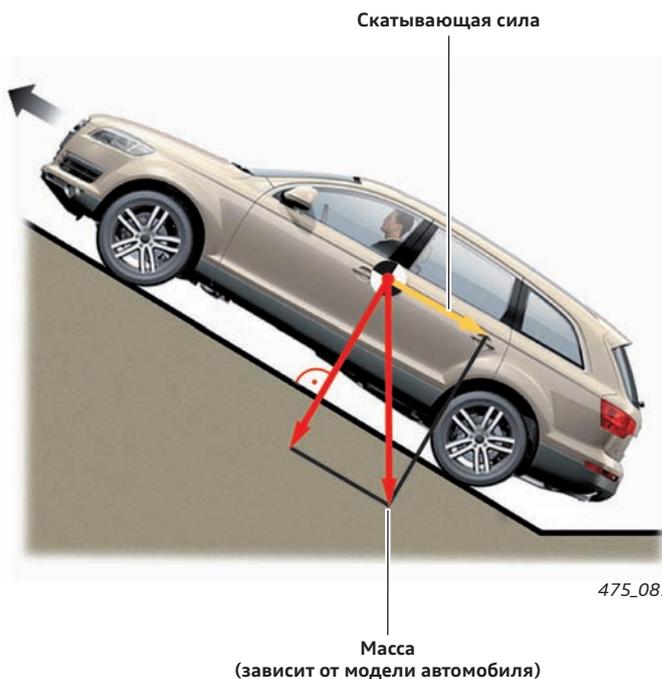
Система была разработана, прежде всего, для того, чтобы упростить для водителя процесс трогания на подъёме в условиях движения с частыми остановками (например, в пробке). Чем больше угол подъёма, тем больше составляющая массу автомобиля скатывающая сила, действующая параллельно дороге и вызывающая скатывание незаторможенного автомобиля назад.

Критическим моментом при трогании на подъёме является время, необходимое для переноса водителем ноги с педали тормоза на педаль акселератора и развития двигателем необходимого для трогания крутящего момента. Если это займет слишком много времени, автомобиль начнёт скатываться назад до того, как в трансмиссию станет поступать крутящий момент, достаточный для создания необходимой тяги.

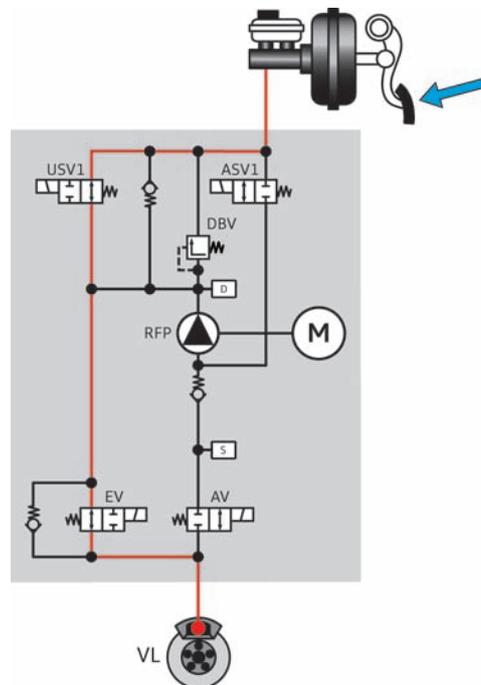
В этом случае на помощь приходит ассистент трогания на подъёме.

Ассистент трогания на подъёме срабатывает при соблюдении следующих условий:

- ▶ Автомобиль неподвижен, что регистрируется по сигналам датчиков частоты вращения колёс.
- ▶ На Audi A3, Audi Q3 и Audi TT дверь водителя должна быть закрыта. Двигатель автомобиля должен быть включён.
- ▶ Угол наклона (подъём) должен быть не меньше примерно 3–5 %. Распознавание происходит по сигналу датчика продольного ускорения (см. стр. 37).



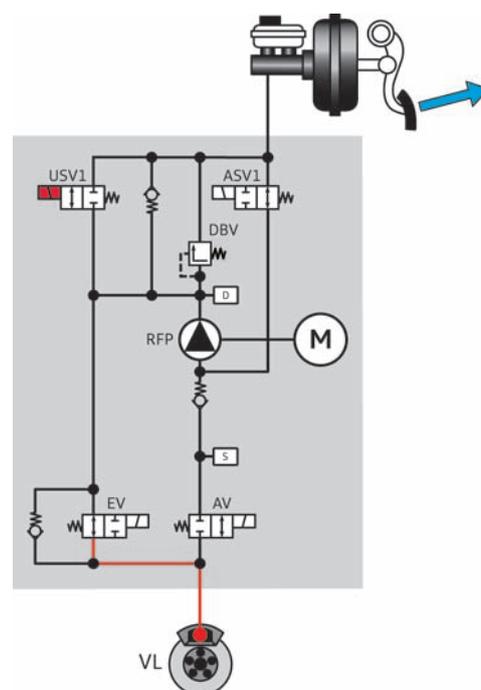
Когда водитель затормаживает автомобиль, переключающие клапаны в гидравлическом блоке ESC открыты. Создаваемое водителем тормозное давление передаётся на колёсные тормозные механизмы.



475_082

Когда водитель снимает ногу с педали тормоза, переключающие клапаны в гидравлическом блоке ESC закрываются. Тем самым тормозное давление, которое было перед этим создано водителем, сохраняется и автомобиль не скатывается назад. Эта функция «удержания» автомобиля действует только ограниченное время — максимально примерно 1,5 с.

По истечении максимального промежутка времени действия подача напряжения на клапаны прекращается. Чтобы перенести ноги с одной педали на другую для незамедлительного трогания с места, этого времени достаточно. Как правило, этот процесс протекает гораздо быстрее, так что водитель нажимает педаль акселератора раньше, чем через 1,5 с. ПО функции вычисляет на основании крутизны подъёма, какой крутящий момент двигателя требуется для удержания автомобиля от скатывания назад. Когда этот крутящий момент будет достигнут, клапаны открываются и до истечения максимального времени 1,5 с. Угол наклона дороги определяется датчиком продольного ускорения (в блоке управления ABS/ESC, в блоке датчиков G419 или в блоке управления датчиков системы регулирования динамики движения J849 в зависимости от модели автомобиля). Значение мгновенного крутящего момента блок управления ABS/ESC получает от блока управления двигателем в виде сообщения по шине данных.



475_083

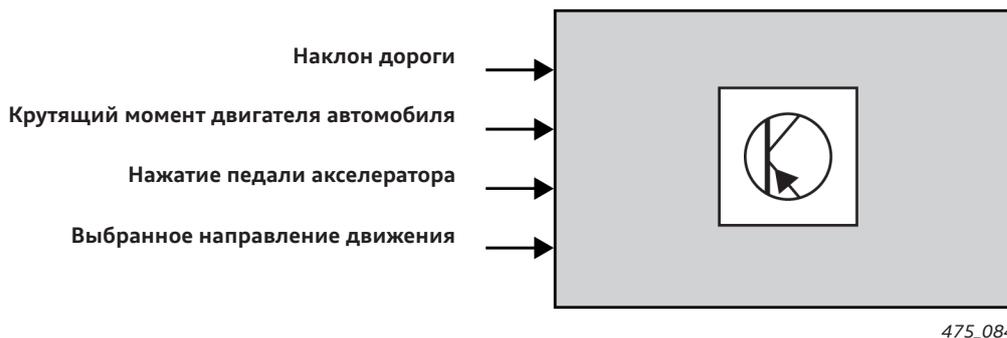
Выключение функции водителем не предусмотрено.

В настоящее время на всех автомобилях с АКП функция входит в базовую комплектацию. На Audi A1, Audi A3, Audi TT и Audi Q3 с МКП может устанавливаться как дополнительное оборудование.

На Audi Q7 эта функция реализуется с помощью активного усилителя тормозов, а не с помощью гидравлики ABS/ESC.

На автомобилях с МКП для определения момента отпущания рабочего тормоза используются данные, показанные на иллюстрации. Как и на автомобилях с АКП, при расчётах учитывается также и угол уклона дороги. Управляющая система получает информацию о нажатии педали акселератора по шине данных от блока управления двигателем. Причём в первую очередь анализируется скорость нажатия педали. Нажатие педали акселератора рассматривается системой как момент выполнения трогания автомобиля водителем.

На автомобилях с системой Старт-стоп и МКП включённая передача распознаётся соответствующими датчиками и учитывается при работе функции. На автомобилях без системы Старт-стоп и с МКП для распознавания направления, в котором водитель собирается начать движение, используется сигнал фонаря заднего хода.



Ассистент трогания на уклоне работает и при трогании автомобиля вверх по уклону задним ходом. Информацию о включении заднего хода блок управления ABS/ESC получает в виде сообщения по шине данных.



475_086

Ассистент начала движения

Ассистент начала движения представляет собой усовершенствованную модификацию ассистента трогания на подъёме, может включаться или выключаться водителем и во включённом состоянии удерживать автомобиль заторможенным в течение всего времени остановки и независимо от угла наклона дороги. Включённый ассистент срабатывает автоматически, когда водитель затормаживает автомобиль до полной остановки.

Ассистент начала движения использует в своей работе электромеханический стояночный тормоз (EPB) и может, следовательно, устанавливаться только на автомобилях, оснащённых таким стояночным тормозом.



475_087

Клавиша AUTO HOLD E540

Ассистент начала движения реализует три функции:

- ▶ Когда водитель затормаживает автомобиль до полной остановки, например, на светофоре, ассистент начала движения удерживает автомобиль заторможенным в течение всего времени остановки. Это упрощает действия водителя, которому не нужно для предотвращения скатывания автомобиля удерживать в течение всего времени остановки нажатую педаль тормоза.
- ▶ При последующем трогании тормоз отпускается, когда двигатель автомобиля развивает крутящий момент, достаточный для удерживания автомобиля от скатывания назад на том уклоне, на котором он находится.
- ▶ При остановке автомобиля с включённым ассистентом начала движения при наступлении следующих событий автоматически включается стояночный тормоз:

- ▶ отстёгивается замок ремня безопасности водителя;
- ▶ открывается дверь водителя;
- ▶ выключается зажигание (кл.15).



475_088



475_089



475_090

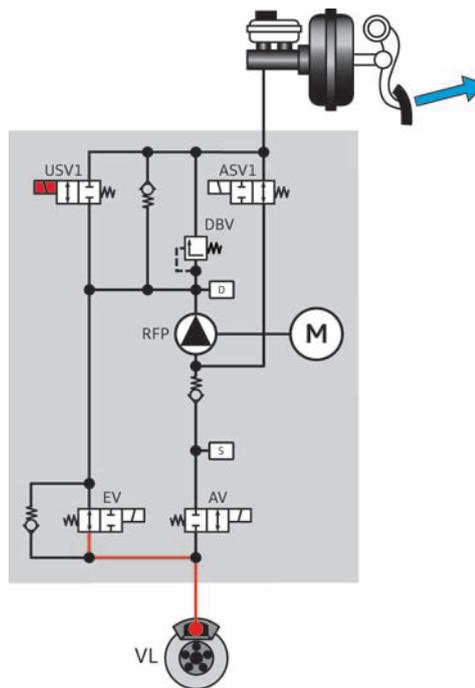
Для срабатывания ассистента начала движения должны быть выполнены следующие условия:

- ▶ дверь водителя закрыта, замок ремня безопасности водителя защёлкнут;
- ▶ двигатель автомобиля включён;
- ▶ ассистент начала движения был включён клавишей Auto Hold E540;
- ▶ система поддержания курсовой устойчивости (ESC) и электромеханический стояночный тормоз (EPB) работают исправно.

Принцип действия

При остановке автомобиля переключающие клапаны в гидравлическом блоке ESC закрываются. Таким образом, созданное водителем перед этим тормозное давление продолжает удерживаться. Если созданного водителем тормозного давления недостаточно для надёжного удерживания автомобиля от скатывания назад, функция ESC создаёт необходимое дополнительное давление.

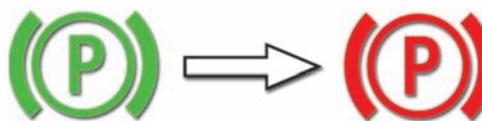
Поскольку при управлении клапанами их электромагнитные катушки нагреваются, продолжительность такого действия ограничена. При достижении максимально допустимой температуры примерно 200 °С система «передаёт» затормаживание электромеханическому стояночному тормозу (EPB). Стояночный тормоз тогда замыкается механически и удерживает автомобиль заторможенным в течение всего времени остановки.



475_083

Водитель получает информацию о срабатывании функции по сигналу светодиода в клавише и индикации (P) в комбинации приборов. При передаче функции затормаживания автомобиля электромеханическому стояночному тормозу (EPB) цвет пиктограммы в комбинации приборов изменяется с зелёного на красный.

При последующем трогании с места тормоз снова выключается в тот момент, когда крутящий момент двигателя станет достаточным для предотвращения скатывания незаторможенного автомобиля назад.



475_085

Ассистент начала движения предлагается для выпускающихся в настоящее время моделей Audi A4, Audi A5, Audi S5 и Audi Q5 в качестве дополнительного оборудования.

На моделях Audi A6, Audi A7 и Audi A8 ассистент начала движения входит в базовую комплектацию.

Ассистент начала движения не предлагается на автомобилях для рынка Северной Америки.



Дополнительная информация

Дополнительную информацию по ассистенту начала движения можно найти в программе самообучения SSP 394.

Ассистент движения на спуске

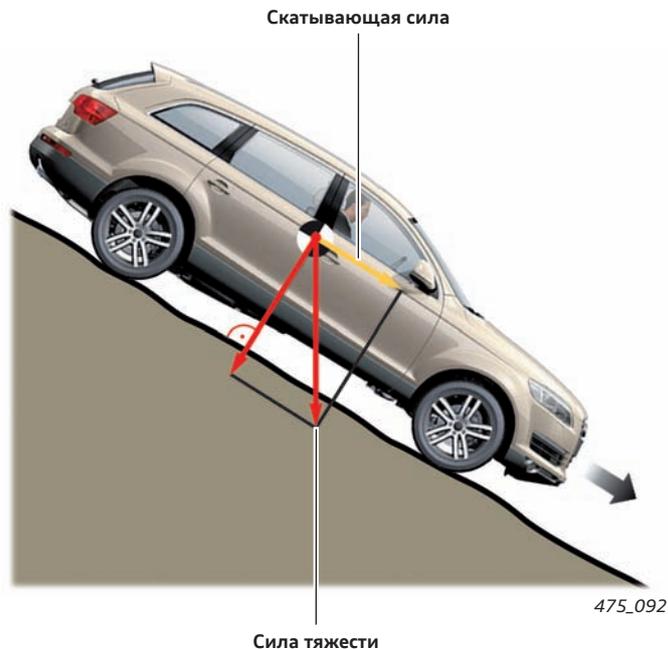
Ассистент движения на спуске поддерживает водителя при проезде спусков в условиях бездорожья. Под воздействием скатывающей силы съезжающий по достаточно крутому спуску автомобиль разгоняется, даже если водитель не нажимает педаль акселератора. Ассистент движения на спуске поддерживает постоянную скорость движения, управляя тормозами автомобиля, по отдельности для каждого колеса. Целенаправленное распределение тормозных усилий, кроме того, улучшает управляемость автомобиля.

Функция реализуется дополнительным ПО, установленным в блоке управления ABS/ESC. Она предлагается на моделях Audi Q7 и Audi Q5 и входит в базовую комплектацию. Основной принцип работы функции на обеих моделях одинаков: Когда тормозящего момента двигателя оказывается для предотвращения ускорения автомобиля недостаточно, функция задействует тормоза. Это происходит без нажатия педали тормоза водителем — тормозное давление в контурах соответствующих колёс создаётся насосом обратной подачи. Как и системы EDS или ESC, ассистент движения на спуске использует для своей работы функции увеличения, удержания и уменьшения давления. Работоспособность функции ABS при этом по-прежнему сохраняется.

Управление функцией на моделях Audi Q5 и Audi Q7 несколько отличается.

На Audi Q7 функция включается нажатием клавиши ASR и ESC и включением режима offroad.

На Audi Q5 водитель может включить функцию отдельной клавишей.



475_092



475_093

Клавиша ASR и ESC в Audi Q7



475_094

Клавиша включения ассистента движения на спуске в Audi Q5

Ассистент движения на спуске активируется автоматически при выполнении следующих условий:

Audi Q5

- ▶ Функция включена соответствующей клавишей.
- ▶ Скорость движения находится в диапазоне 9–30 км/ч (а/м с МКП) или 4–30 км/ч (а/м с АКП).
- ▶ Угол уклона достигает примерно 10 %.
- ▶ Педали акселератора и тормоза не нажаты.

Ассистент движения на спуске действует также, когда не включена ни одна передача или выбрано положение N, а также при движении вниз по спуску задним ходом. Водитель может в любой момент увеличить или уменьшить скорость движения нажатием педали акселератора или тормоза. Во время нажатия педали действие функции отключается. Когда водитель отпускает педаль, функция включается снова и поддерживает установленную новую скорость.

Audi Q7

- ▶ Включён режим offroad.
- ▶ Скорость движения меньше 20 км/ч.
- ▶ Угол уклона достигает примерно 10 %.
- ▶ Педали акселератора и тормоза не нажаты.



475_095

Функция удаления влаги с тормозных дисков

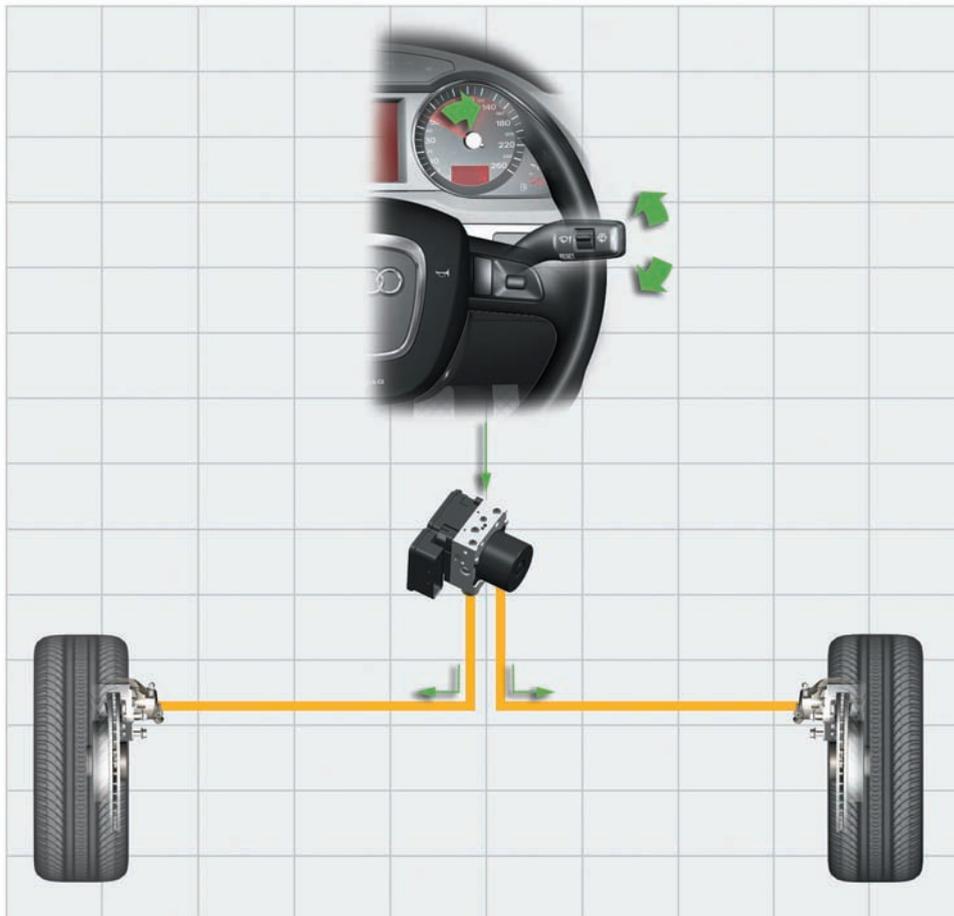
На мокрой дороге тормозные диски и колодки неизбежно оказываются покрыты водой или грязью. Это негативно влияет на процесс торможения. В первый момент прилегания тормозной колодки к диску плёнка воды существенно уменьшает трение между ними. Тормоз начнёт развивать надлежащее тормозное усилие только после того, как эта вода будет выдвлена или испарится.

Принцип действия:

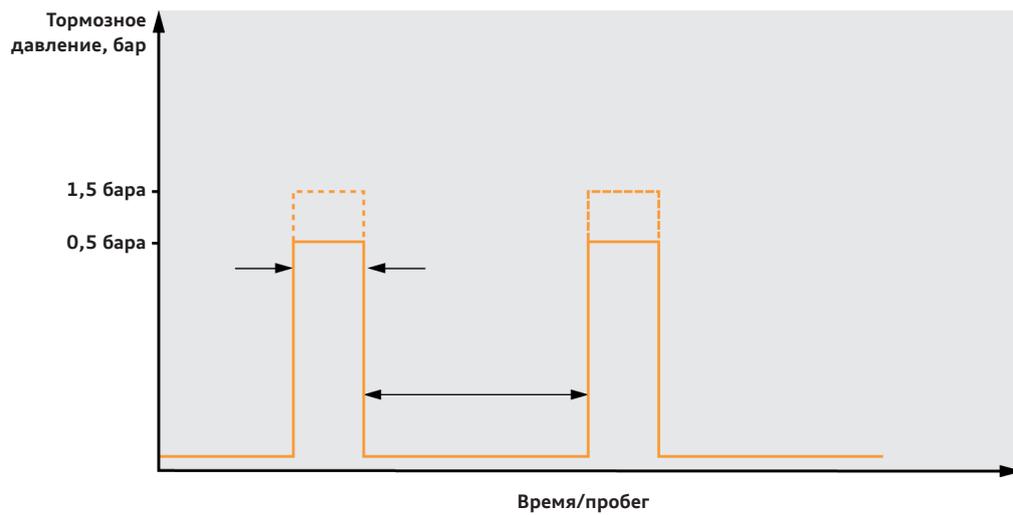
При распознавании мокрой дороги колодки тормозных механизмов передних колёс периодически прижимаются к диску с минимальным тормозным давлением (0,5–1,5 бара в зависимости от модели автомобиля), удаляя плёнку воды/грязи между колодками и диском. При таких малых тормозных давлениях этот процесс незаметен для водителя и также не вызывает практически никакого износа тормозного диска и колодок. Колодки прижимаются к диску на очень короткое время, измеряемое секундами (точная продолжительность может быть разной на разных моделях).

Тем самым тормозной путь «неоправданно» удлиняется. Полностью устранить это явление техническими средствами невозможно, но функция удаления влаги с тормозных дисков («дискоочиститель») помогает существенно улучшить ситуацию. Эта функция является исключительно программной (дополнительное ПО в блоке управления ABS/ESC) и реализована на всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi. Отключение функции водителем невозможно.

Интервалы между прижиманиями колодок также зависят от модели и могут быть фиксированными или изменяться в зависимости от пробега. Распознавание мокрой дороги происходит по включению стеклоочистителя. Функция активируется, когда стеклоочиститель включается (в том числе и в интервальном режиме) водителем, или автоматически при наличии датчика дождя, и скорость автомобиля превышает определённое минимальное значение.



475_096



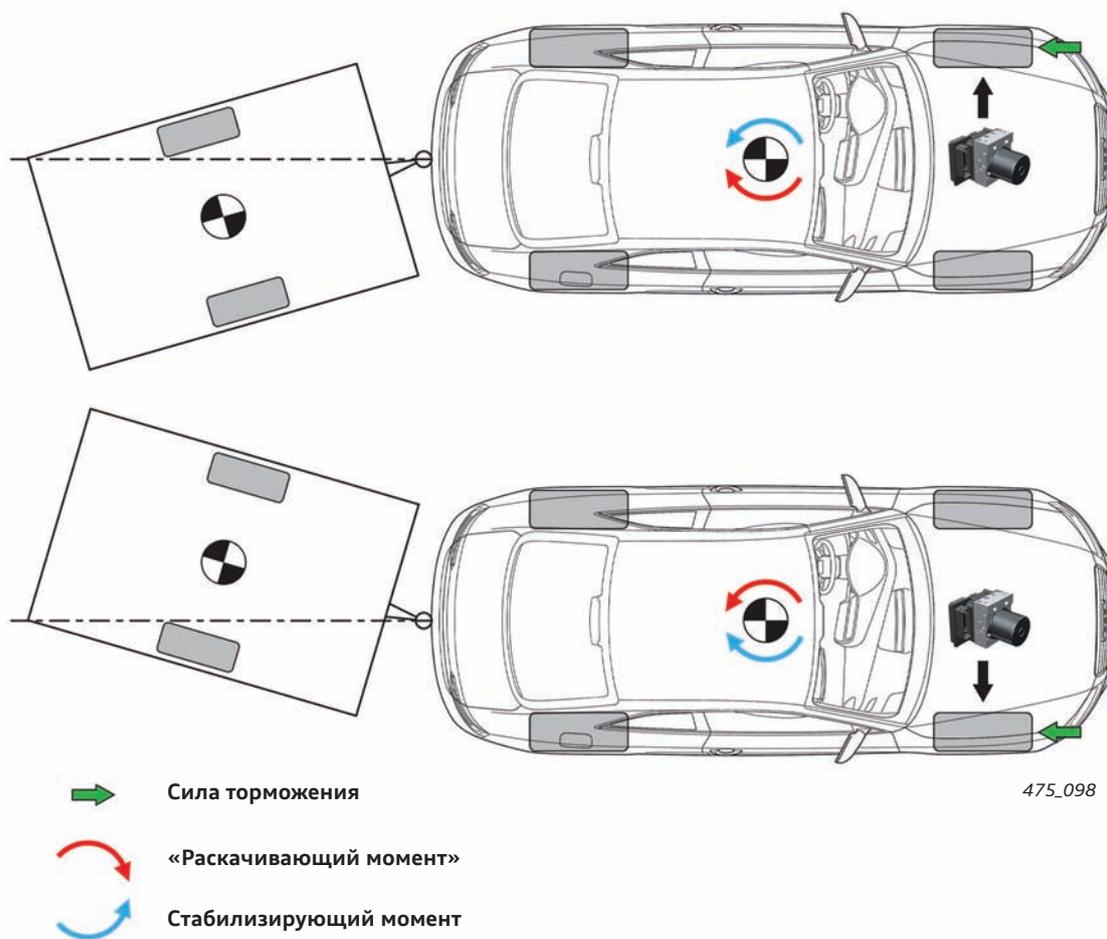
475_097

Система поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом

Слабое рыскание прицепа при определённых условиях может усилиться до опасных значений. Это происходит, как правило, когда скорость превышает 75 км/ч. Тогда отдельные импульсы возбуждения (например, неровности или «колеи» в дорожном покрытии, боковой ветер) могут усиливать собственные колебания прицепа (явление резонанса). В результате амплитуда рыскания прицепа существенно увеличится, если не снизить скорость ниже критической. Рыскание прицепа передаётся и на буксируемый автомобиль.

Параметры рыскания (вращательных колебаний вокруг вертикальной оси) регистрируются датчиком поворота вокруг вертикальной оси G202 или блоком управления датчиков J849 и анализируются блоком управления ABS/ESC J104.

При необходимости ESP сначала оказывает короткие регулирующие воздействия то на одно, то на другое переднее или заднее колесо. Если этого недостаточно, то необходимо как можно быстрее выйти из критического диапазона скоростей. Для этого блок управления ABS/ESC посылает сигнал блоку управления двигателя на уменьшение оборотов, чтобы сбросить скорость. Одновременно ESC притормаживает все четыре колеса.



Функция поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом используется только на автомобилях с ТСУ, установленном на заводе-изготовителе.

Наличие прицепа, подключённого к электросети автомобиля, распознаётся блоком управления ABS/ESC автоматически.

При доустановке ТСУ из ассортимента оригинальных деталей Audi на системах ESC производства компании Bosch необходимо заново кодировать блок управления ABS/ESC в режиме онлайн. Также необходимо соответственно изменить блок данных результата в базе данных системы учёта обновлений ПО (SVM).

Функция поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом является программным расширением возможностей блока управления ABS/ESC. Отключение функции водителем невозможно.

На системах ESC производства компании Continental поддержание курсовой устойчивости при движении с прицепом активируется при необходимости автоматически, если блок управления прицепа установлен или распознан блоком управления ABS/ESC.



Примечание

Функция может быть реализована только при заводской установке ТСУ или при доустановке ТСУ из ассортимента оригинальных частей Audi.

Компенсация падения эффективности тормозов при нагреве (FBS)

При очень интенсивном использовании тормозной системы эффективность работы тормозов может снижаться (т. н. «фединг тормозов»). При этом создаваемый тормозной момент будет уменьшаться, несмотря на то, что водитель не ослабляет нажатие на педаль тормоза или даже усиливает его. Этот эффект объясняется слишком большим нагревом тормозного диска и колодок. В этом случае коэффициент трения между диском и колодками уменьшается, а с ним и создаваемый тормозным механизмом тормозящий момент. Такая потеря тормозного усилия компенсируется дополнительным увеличением тормозного давления за счёт включения насоса обратной подачи ESC.

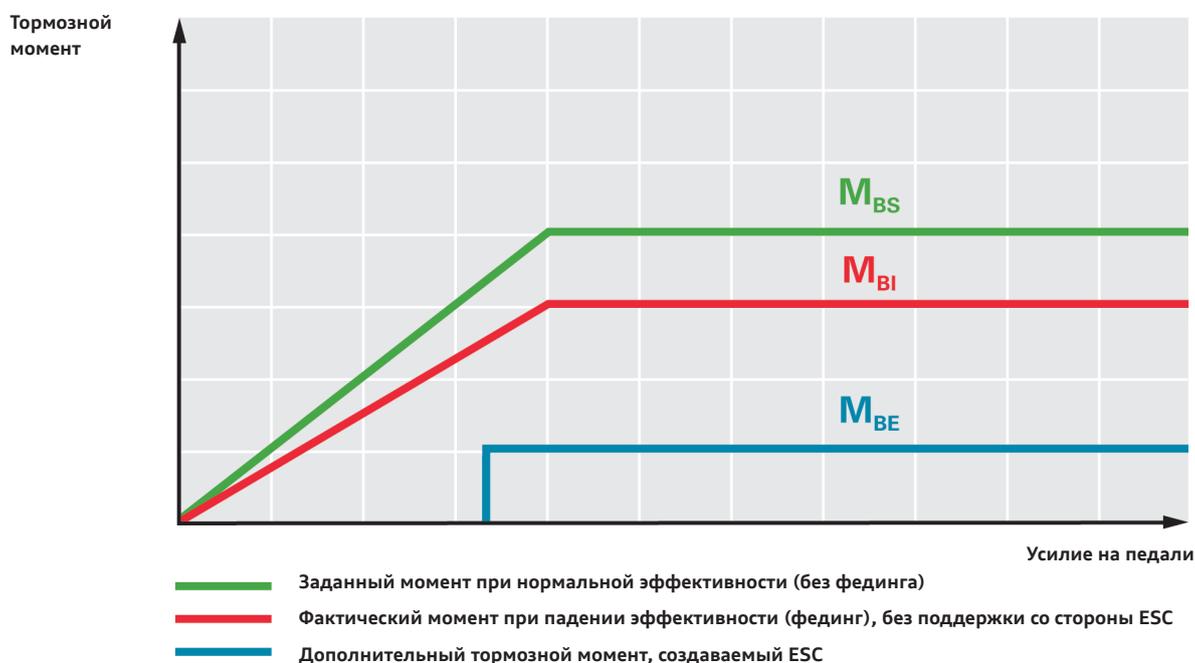
Программный алгоритм в блоке управления ABS/ESC сравнивает создаваемое водителем тормозное давление с замедлением вращения затормаживаемых колёс.

Если замедление вращения колёс при высоком тормозном давлении не достигает заданных номинальных значений, блок управления распознаёт, что имеет место фединг.

При превышении определённых заданных значений срабатывает функция FBS.

Блок управления ABS/ESC автоматически дополнительно повышает тормозное давление по отношению к тому давлению, которое было создано водителем. При этом величина дополнительного давления выбирается такой, чтобы общее тормозное воздействие на автомобиль было тем же, что и без дополнительного давления при отсутствии фединга. Водитель замечает срабатывание функции по существенно ухудшающейся комфортности торможения, специальной индикации её работы не предусмотрено.

Как только создаваемое водителем тормозное давление значительно уменьшится, функция отключится.



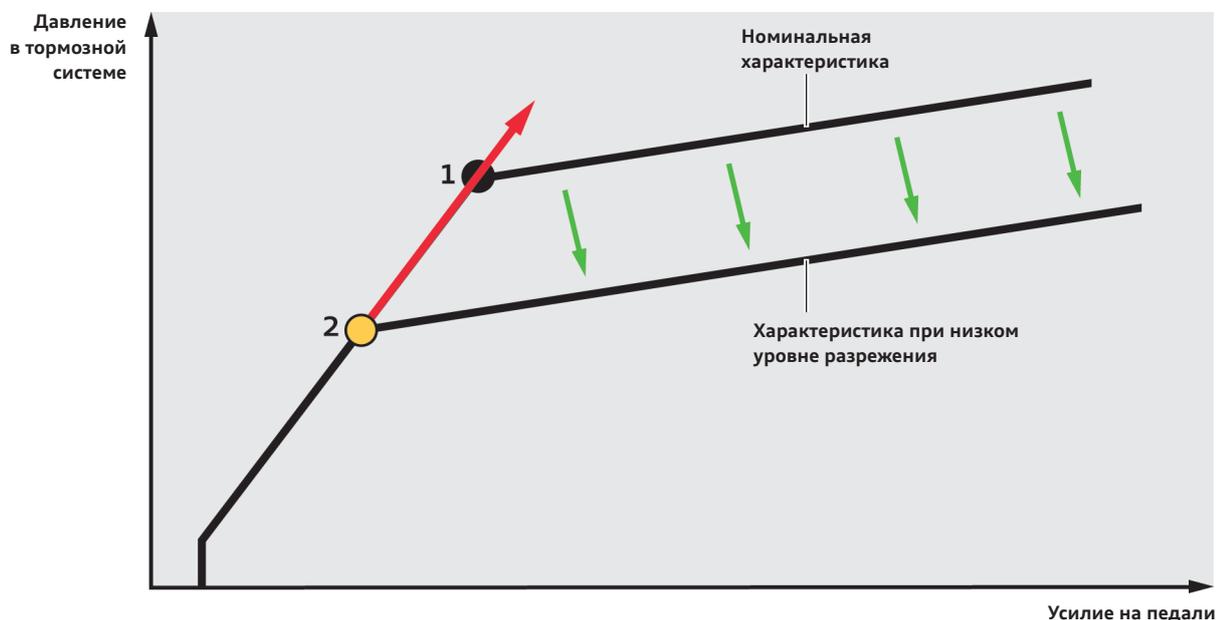
475_099

$$M_{BI} + M_{BE} = M_{BS}$$

Оптимизированный гидравлический усилитель тормозов (OHV)

Наиболее эффективным способом получения разрежения для усилителя тормозов является использование разрежения во впускном коллекторе ДВС. Однако в некоторых режимах работы двигателя, в зависимости от исполнения двигателя и коробки передач, во впускном коллекторе может не всегда иметься достаточное разрежение. На бензиновом двигателе с АКП такая ситуация может возникать, например, при холодном пуске двигателя. Если в этом случае под нагрузкой дроссельная заслонка будет открыта, разрежение во впускном коллекторе будет очень мало. Вследствие недостатка разрежения усилитель тормозов раньше исчерпывает свой потенциал усиления. После этого никакого усиления тормозного усилия не происходит, и дальнейший рост давления в тормозной системе возможен только за счёт усиления водителем нажатия на педаль тормоза.

Для обеспечения разрежения можно использовать отдельный источник разрежения (т. е. электрический/механический вакуумный насос, например). Другим способом может быть компенсация недостатка разрежения для усилителя активным увеличением тормозного давления в гидравлическом блоке. Блок управления ESC сравнивает требуемое (номинальное) разрежение с фактическим разрежением во впускном коллекторе. Если разница превышает определённое значение, блок управления инициирует активное увеличение давления для поддержки водителя. В результате на каждом колесе устанавливается то же тормозное давление, которое было бы на нём при достаточном разрежении. Водитель практически не ощущает работы этой функции, для него соотношение усилия на педали и реализуемого тормозного усилия остаётся тем же. В этом, собственно, и заключается назначение данной функции: избежать того, чтобы водитель отвлёкся или растерялся, неожиданно столкнувшись с непривычной реакцией автомобиля на нажатие педали тормоза.

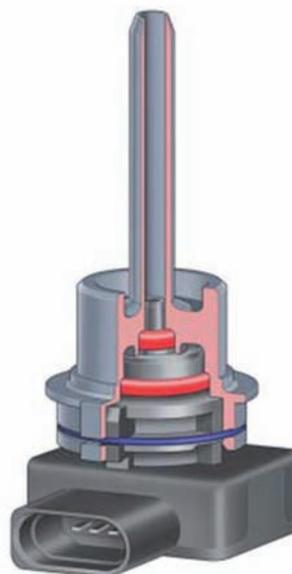


475_130

→ Усиление тормозного давления усилителем OHV

- 1 Точка, в которой должен исчерпываться потенциал усиления (номинальная характеристика)
- 2 Точка, в которой потенциал усиления исчерпывается при низком уровне разрежения

Оптимизированный усилитель тормозов OHV впервые был применён в 2004 году на Audi A3. В нём для измерения давления/разрежения использовался датчик разности давлений. Момент исчерпания усилителем тормозов потенциала усиления определялся измерением давлений в обеих камерах усилителя. Когда давления равны, потенциал усиления исчерпан. Если это происходит при слишком низком тормозном давлении, то срабатывает функция OHV, инициирующая активное увеличение тормозного давления. На новых исполнениях давление разрежения во впускном коллекторе измеряется датчиком в магистрали между впускным коллектором и усилителем тормозов.



475_131

Система контроля давления в шинах (RKA)



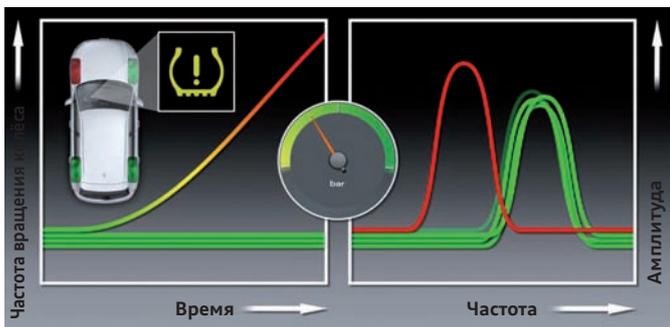
ESP практически на всех новых моделях AUDI является также базой для реализации системы контроля давления в шинах (RKA) второго поколения с непрямым измерением, которая на моделях VW/AUDI дополнительно обозначается знаком плюс (RKA+). RKA+ представляет собой чисто программный модуль, установленный в блоке управления ESP. Теоретически этот ПО-модуль вполне можно было бы установить и в любом другом блоке управления автомобиля, в котором имеется достаточное количество свободной памяти ROM/RAM, а также свободного времени процессора. Размещение в ESP имеет решающее преимущество потому, что здесь уже имеются в надлежащем качестве требующиеся RKA+ сигналы частоты вращения колёс. Тем самым не нужно предусматривать отдельные выходы датчиков частоты вращения и прокладывать в автомобиле дополнительные провода.

График 1 схематически представляет вид сигналов при потере давления в передней левой шине. Такой «прокол» распознаётся по изменению длины окружности одной из шин.

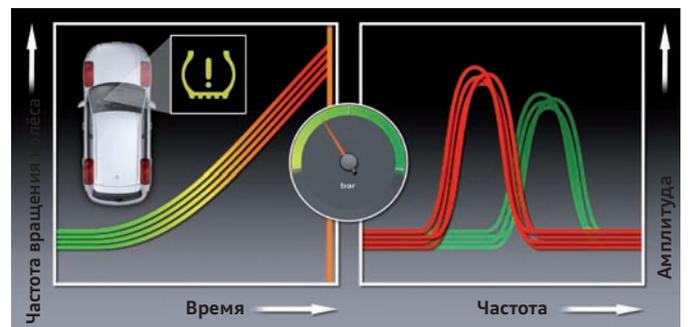
RKA+ использует исходные необработанные сигналы датчиков частоты вращения колёс, вычисляя по ним длину окружности шин и анализируя характерные колебания шин (спектральный анализ). На основании этого анализа система может сделать заключение о возможном снижении давления в шине(-ах). Дополнительно считываемые сигналы, например, скорости поворота относительно вертикальной оси или крутящего момента двигателя, позволяют распознавать различные режимы движения и служат для контроля достоверности сигналов частоты вращения колёс.

Спектральный анализ дополняет информацию, получаемую оценкой длины окружности шин, и позволяет, помимо определения одного «спускающего» колеса, распознавать также медленную потерю давления во всех шинах вследствие диффузии воздуха. При потере давления в одной шине (например, вследствие прокола) анализ спектра колебаний (см. график 1) показывает рост амплитуды колебаний в этой шине при одновременном уменьшении их собственной частоты.

Медленная потеря давления одновременно во всех шинах распознаётся, прежде всего, по результатам анализа колебаний шин (см. график 2).



Распознавание потери давления в одной шине («прокол») 475_101



Распознавание потери давления во всех шинах (диффузия) 475_102

Все системы контроля давления как с прямым, так и с непрямым измерением требуют при различных уровнях давления (передняя/задняя ось, полная/частичная загрузка) определённых действий со стороны водителя в следующих случаях:

- ▶ При замене колёс/шин (летние/зимние) или перестановке их на автомобиле (передние/задние, правые/левые).

- ▶ При изменении давления в одной или нескольких шинах, например, при существенном изменении загрузки автомобиля, подсоединении прицепа или после устранения прокола шины.

Клиент должен установить во всех 4 шинах предписанные значения давления (указаны на наклейке на лючке заливной горловины и в руководстве по эксплуатации а/м) и затем сохранить это значение в системе в качестве номинального. Характер поведения шин при этих значениях давления (или с точки зрения RKA+ длины окружностей шин и их характеристические колебания) запоминаются системой и используются затем как опорное значение для сравнения с фактическими значениями, регистрируемыми в ходе дальнейшей эксплуатации.

Когда система регистрирует существенное отклонение фактических значений от сохранённых, выводится предупреждающее сообщение.

При распознавании потери давления в одном из колёс («прокол») в предупреждении указывается конкретное колесо. При регистрации падения давления в нескольких колёсах выдаётся общее предупреждение.



Предупреждение о потере давления с указанием конкретного колеса 475_091



Дополнительная информация

Подробную информацию по системам RKA и RKA+ см. в передаче ТВ от 02.12.2010 в Audi Training Online.

Распознавание багажника на крыше

На Audi Q5 впервые в сегменте SUV система ESC имеет возможность распознавать установленный на крыше автомобиля багажник и вносить в связи с этим соответствующие коррективы в свои алгоритмы. Багажник на крыше существенно влияет на высоту центра масс, а тем самым и на динамическую ситуацию автомобиля.

В оригинальном продольном релинге на крыше установлен датчик Холла, связанный отдельным проводом с блоком управления ABS/ESC.

В поперечном релинге (также оригинальном) имеется постоянный магнит, который при установленном поперечном релинге инициирует соответствующий сигнал датчика.



Блок управления
ABS/ESC

Поперечный релинг
с постоянным магнитом

Продольный релинг
с датчиком Холла

475_103

Внешние системы

Электромеханический стояночный тормоз (EPB) — функция аварийного торможения

Для базового механического действия включения или выключения стояночного тормоза электромеханическому стояночному тормозу EPB участие компонентов системы ESC не требуется. Специальной функцией электромеханического стояночного тормоза EPB является функция аварийного торможения.

Как и обычный, «ручной» стояночный тормоз водитель может использовать EPB в аварийных ситуациях во время движения (например, при неисправности основной тормозной системы). Однако такое использование, особенно при большой скорости, чревато опасностью создания на задних колёсах таких больших тормозных усилий, что колёса не смогут больше воспринимать направляющие боковые усилия (см. по этому вопросу раздел «Основы динамики автомобиля», со стр. 5).

Это приведёт к потере автомобилем управляемости и с большой вероятностью к аварии. Чтобы предотвратить такое развитие событий, функция аварийного торможения стояночного тормоза работает с поддержкой системы ESC. В этом заключается одно из преимуществ электромеханического стояночного тормоза по сравнению с обычным.



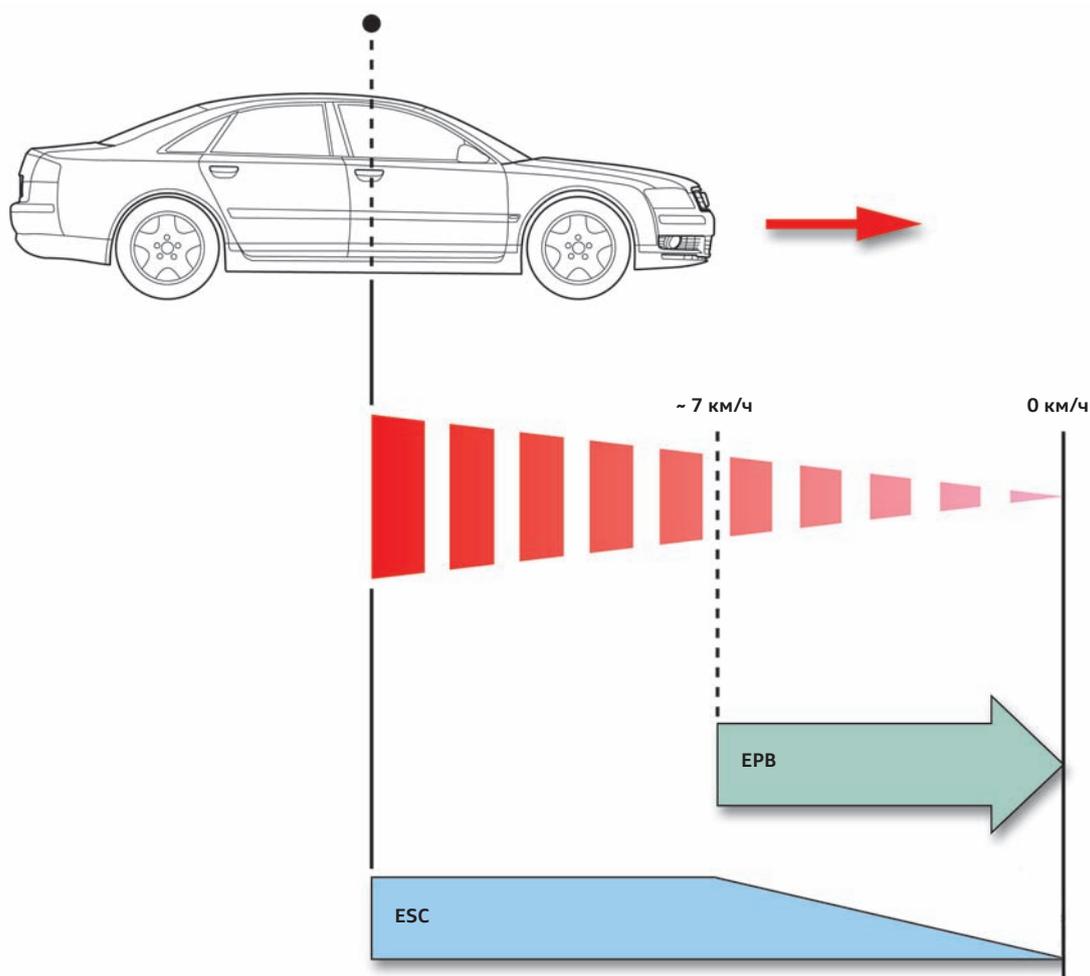
475_104

Выключатель стояночного тормоза F234

Принцип действия:

Когда водитель на скорости больше примерно 8 км/ч включает стояночный тормоз F234 (вытягивает выключатель на себя), автомобиль замедляется сначала системой ESC, которая создаёт тормозное давление в контурах всех четырёх колёс. Давление увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто заданное замедление автомобиля (примерно 6 м/с²), или на мокрой или заснеженной дороге до срабатывания системы ABS.

Сам электромеханический стояночный тормоз (EPB) начнёт включаться, когда скорость автомобиля снизится до примерно 7 км/ч. Тормозное давление ESC уменьшается до нуля, когда стояночный тормоз EPB включится полностью. При включении стояночного тормоза раздаётся предупреждающий звуковой сигнал. Как только выключатель будет отпущен или если водитель нажмёт педаль акселератора, выполнение функции аварийного торможения прекращается.



475_105

Круиз-контроль (GRA+)

Круиз-контроль упрощает управление автомобилем, автоматически поддерживая постоянной установленную водителем скорость (не ниже 30 км/ч). Обычные системы делают это, исключительно управляя крутящим моментом двигателя автомобиля. Такое регулирование не в состоянии, однако, поддерживать скорость постоянной на сильном уклоне дороги. Несмотря на уменьшение крутящего момента или даже торможение двигателем, скатывающая сила вызывает увеличение скорости автомобиля.

Система круиз-контроля плюс (GRA+) справляется и с этой ситуацией. Помимо управления двигателем, GRA+ может также отдавать «команды» системе ESC на автоматическое включение тормозов. ESC реализует подтормаживание колёс с помощью уже известных функций увеличения и удержания давления. Управляющее ПО круиз-контроля работает в блоке управления двигателя.



475_106



475_106a

Адаптивный круиз-контроль (ACC)

Адаптивный круиз-контроль (ACC) является усовершенствованной модификацией обычного круиз-контроля (GRA). В то время как обычный круиз-контроль только поддерживает постоянную заданную водителем скорость, адаптивный круиз-контроль в состоянии выдерживать также и выбранный водителем (из нескольких фиксированных ступеней) интервал до впереди идущего автомобиля.

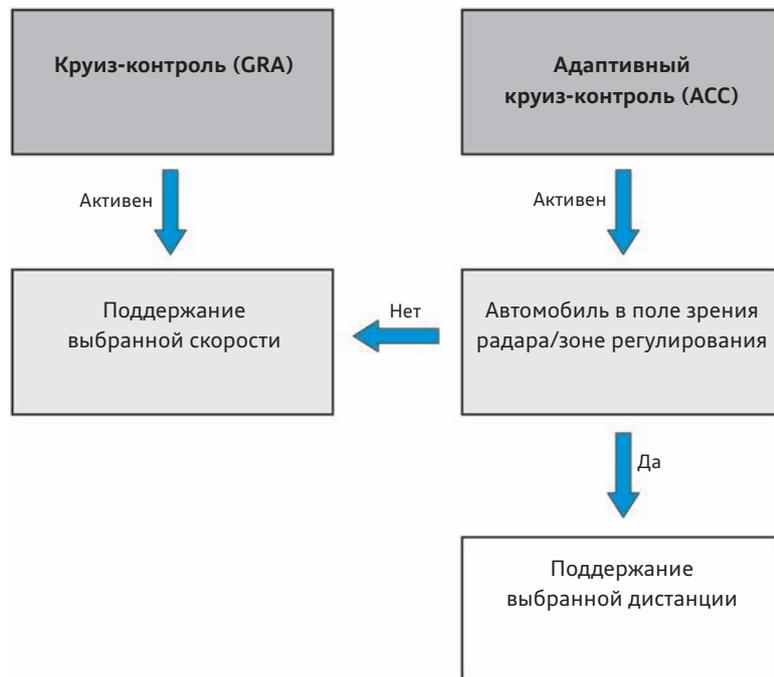
Это возможно благодаря использованию радарных датчиков, контролирующих ситуацию на достаточно большом расстоянии перед автомобилем.

Блок управления адаптивного круиз-контроля вычисляет расстояние до впереди идущего транспортного средства и его относительную скорость движения (относительно собственного автомобиля).



Дополнительная информация

Дополнительную информацию по общим принципам работы адаптивного круиз-контроля (ACC) можно посмотреть в программах самообучения SSP 289 и SSP 458.



475_107

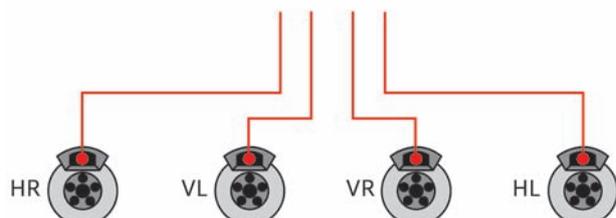
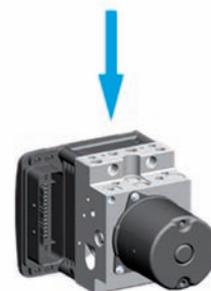
Использование ESC в работе адаптивного круиз-контроля:

Поддержание дистанции адаптивным круиз-контролем в некритическом случае

Выбранная водителем дистанция до впереди идущего транспортного средства поддерживается, прежде всего, за счёт уменьшения крутящего момента двигателя. Если получаемое при этом замедление недостаточно, блок управления адаптивного круиз-контроля даёт указание блоку управления ABS/ESC выполнить автоматическое торможение. Блок управления ABS/ESC инициирует активное создание тормозного давления на всех четырёх колёсах. Максимальное замедление в этом случае ограничено 40 % физического возможного максимального замедления. Это ограничение нужно, чтобы водитель не растерялся, столкнувшись с неожиданно резким торможением автомобиля, а также для обеспечения общей комфортности поездки. Тормозное давление реализуется с помощью уже известных функций увеличения и удержания давления.



Датчик адаптивного круиз-контроля (правый) G259 и БУ адаптивного круиз-контроля J428



475_108

Поддержание дистанции адаптивным круиз-контролем в критическом случае

В некоторых ситуациях поддерживать выбранную дистанцию до впереди идущего транспортного средства оказывается невозможным, несмотря на выполняемое функцией ESC торможение. Это может происходить, например, когда впереди идущий автомобиль неожиданно резко тормозит или когда идущий в левой соседней полосе автомобиль перестраивается вправо без соблюдения надлежащей дистанции. В таких случаях водитель должен принять участие в торможении и увеличить тормозное давление нажатием на педаль тормоза, чтобы замедление автомобиля могло продолжаться и после достижения 40 %-го ограничения. Когда блок управления адаптивного круиз-контроля распознаёт, что сохранить выбранную дистанцию с помощью автоматического торможения невозможно, он извещает об этом водителя визуальной и звуковой индикацией.

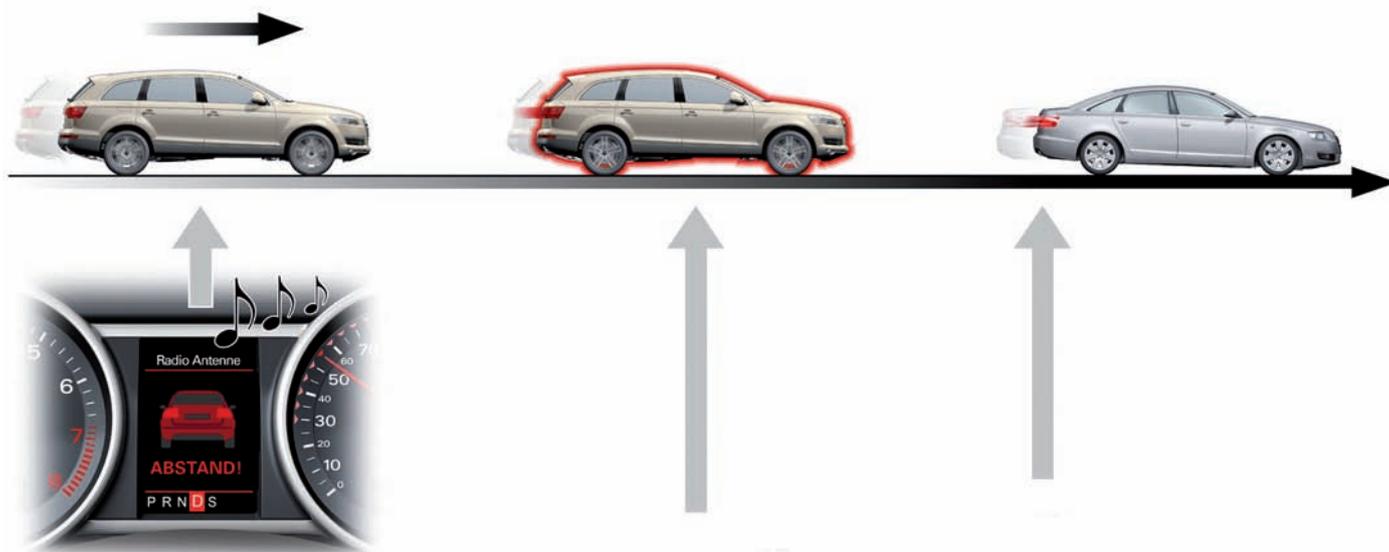


475_109

Тормозной ассистент Audi braking guard

Тормозной ассистент Audi braking guard представляет собой дополнительную функцию для адаптивного круиз-контроля (ACC) и служит для предупреждения водителя об угрозе столкновения с движущимся впереди транспортным средством. Если водитель не реагирует на предварительное предупреждение, блок управления адаптивного круиз-контроля за 0,9–1,5 с до последней возможности затормозит для предотвращения столкновения даёт через блок управления ABS/ESC команду на короткое время поднять давление в тормозной системе. Этот предупреждающий толчок автомобиля, отчётливо ощущаемый водителем, служит не для торможения, а является ещё одним предупреждением водителю, что ему необходимо безотлагательно принять меры для предотвращения столкновения.

На момент этого предупреждения ESC уже автоматически создаёт в тормозной системе предварительное давление, примерно 2 бара. Эта мера преследует цель сократить задержку срабатывания тормозов, а также очистить/просушить тормозные диски при трении о тормозные колодки. Одновременно с этим понижается порог срабатывания гидравлического тормозного ассистента (HBA). В результате срабатывание ассистента HBA происходит раньше при меньшей скорости нажатия педали.



475_110

- Визуальное и звуковое предупреждение
- Создание предварительного давления в тормозной системе
- Снижение порога срабатывания гидравлического тормозного ассистента HBA

Активное предупреждение в виде тормозного толчка

Резкое торможение впереди идущего автомобиля

Тормозной ассистент Audi braking guard, работающий по описанному выше принципу, используется во всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi A8, Audi A7, Audi A6, Audi Q5, Audi Q7, Audi A4 и Audi A5/S5 с адаптивным круиз-контролем.

Тормозной ассистент Audi braking guard как функция комплекса Audi pre sense

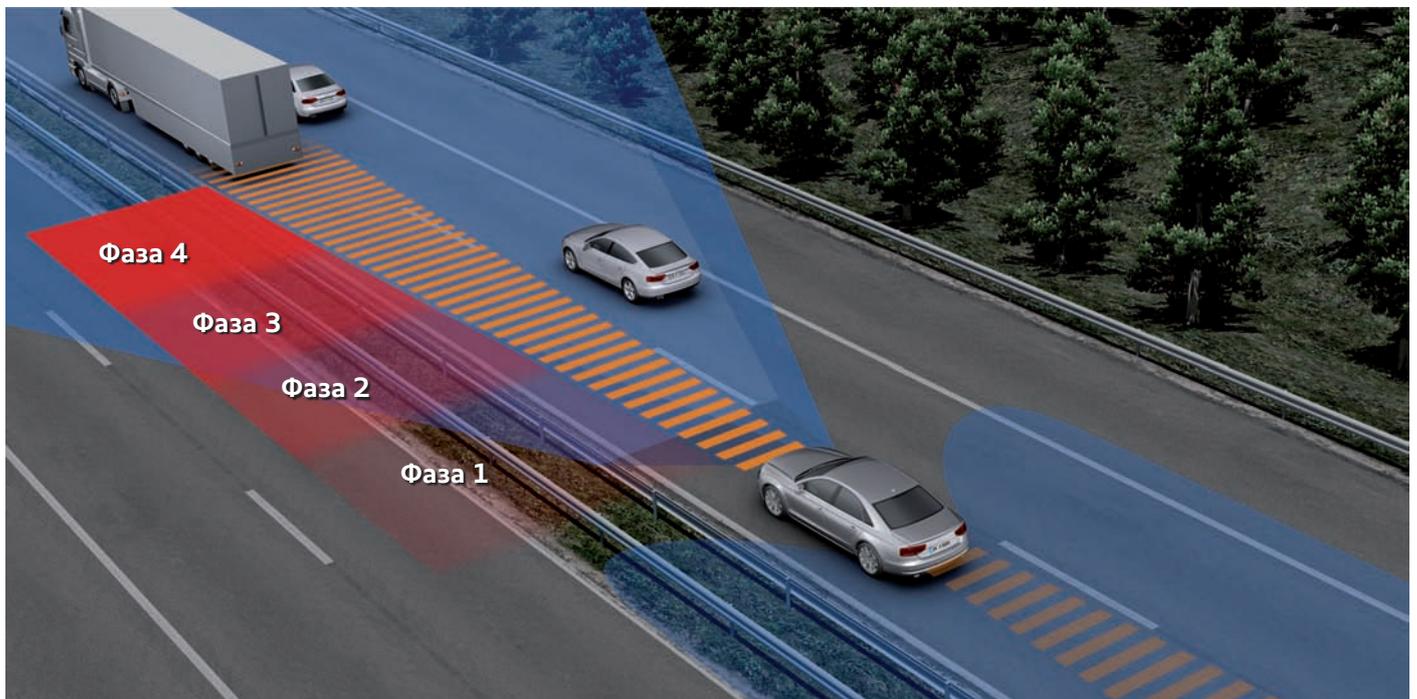
Комплекс Audi pre sense впервые нашёл применение в моделях Audi A7 '11 и Audi A8 '10, он описан в программе самообучения SSP 456. Комплекс Audi pre sense предназначен для предупреждения водителя в опасных ситуациях и для оказания ему поддержки в пределах технических возможностей. Важной составной частью комплекса Audi pre sense на автомобилях с адаптивным круиз-контролем является тормозной ассистент Audi braking guard с расширенной функциональностью. Впервые здесь ассистент Audi braking guard может выполнять автоматическое (без участия водителя) торможение автомобиля в случае угрозы столкновения.



475_111

Принцип работы

Далее описываются только действия, выполняемые системой ESC в связи с работой тормозного ассистента Audi braking guard.



475_112

Фазы 1 + 2

В фазе 1 выполняются уже описанные функции визуального и звукового предупреждения, создаётся предварительное давление в тормозной системе и понижается порог срабатывания тормозного ассистента НВА. В фазе 2 выдаётся активное предупреждение.

Фаза 3

В фазе 3 система ESC увеличивает тормозное давление до достижения замедления примерно 50 % от максимального значения примерно на 1 с. Включается аварийная сигнализация для предупреждения следующих сзади участников движения об опасной ситуации.

Фаза 4

Примерно за 500 миллисекунд до столкновения происходит ещё одно повышение тормозного давления до уровня максимального замедления. На этот момент водитель уже не может предотвратить столкновение, однако благодаря торможению с полной интенсивностью происходит дальнейшее уменьшение скорости на максимально 12 км/ч. Несмотря на то, что водитель не предпринимает никаких действий для предотвращения столкновения, тормозной ассистент Audi braking guard уменьшает скорость при столкновении в сумме примерно до 40 км/ч, что существенно снижает тяжесть последствий столкновения.

Реализация автоматического торможения происходит с помощью функции «увеличение давления», используемой также для работы ESC и EDS.

Фаза 4 выполняется только в том случае, если автомобиль дополнительно оснащён ассистентом смены полосы движения Audi side assist. В такой комбинации (адаптивный круиз-контроль и ассистент Audi side assist) комплекс pre sense предлагается как Audi pre sense plus. Благодаря наличию ассистента смены полосы Audi side assist система при оценке потенциальных опасностей может учитывать также следующие сзади транспортные средства. Фаза 4 выполняется только тогда, когда отсутствует дополнительная опасность столкновения со следующим сзади транспортом в результате экстренного торможения.

В отличие от базовых функций адаптивного круиз-контроля тормозной ассистент Audi braking guard реагирует и на стоящие неподвижно объекты. В этих случаях водитель получает

визуальное и звуковое предупреждение и при необходимости производится предупреждающий толчок. Однако активного торможения при этом не происходит.

Начиная с модельного года 2012 в состав тормозного ассистента Audi braking guard входит ещё одна функция (сначала на Audi A4, , затем на Audi A6, Audi A7, Audi A8). Эта функция выполняет экстренное торможение при опасности столкновения с впереди идущим транспортным средством при низких скоростях движения, меньше 30 км/ч.

При этом система ESC выполняет «по заявке» адаптивного круиз-контроля быстрое автоматическое создание тормозного давления вплоть до замедления примерно 8 м/с². При выключении тормозного ассистента Audi braking guard водителем эта функция также выключается.

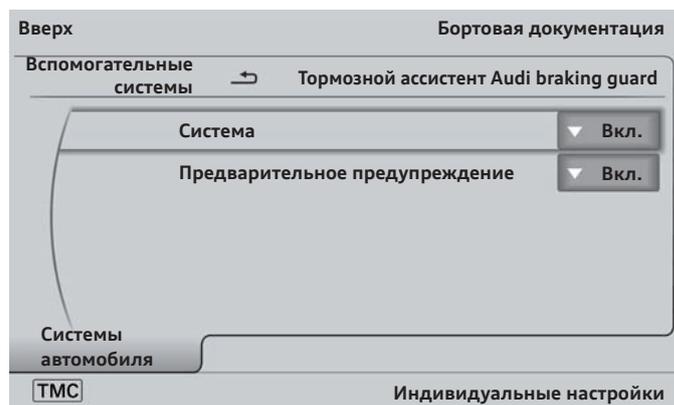


Дополнительная информация

Подробную информацию по комплексу Audi pre sense можно найти в программе самообучения SSP 456.

Управление

Функции визуального и звукового предупреждения о критической дистанции/опасности столкновения (предварительное предупреждение), а также все функции тормозного ассистента Audi braking guard при желании могут быть отключены посредством интерфейса MMI.



475_113

Stop-and-go

На выпускающихся в настоящее время моделях Audi A6, Audi A7 и Audi A8 в комплектациях с адаптивным круиз-контролем имеется также функция Stop-and-go. Если распознанный круиз-контролем впереди идущий автомобиль останавливается, то собственный автомобиль (с адаптивным круиз-контролем) при необходимости тормозится до полной остановки без участия водителя. Если находящийся впереди автомобиль через короткий промежуток времени возобновляет движение, то собственный автомобиль автоматически трогается с места и разгоняется. Требуемое для работы этой функции автоматическое торможение реализуется с помощью функции «увеличение давления» системы ESC.



475_114



Дополнительная информация

Дополнительную информацию по функции Stop-and-go можно найти в программе самообучения SSP 458, а также в руководствах по эксплуатации автомобилей соответствующих моделей.

Системы, используемые ESC

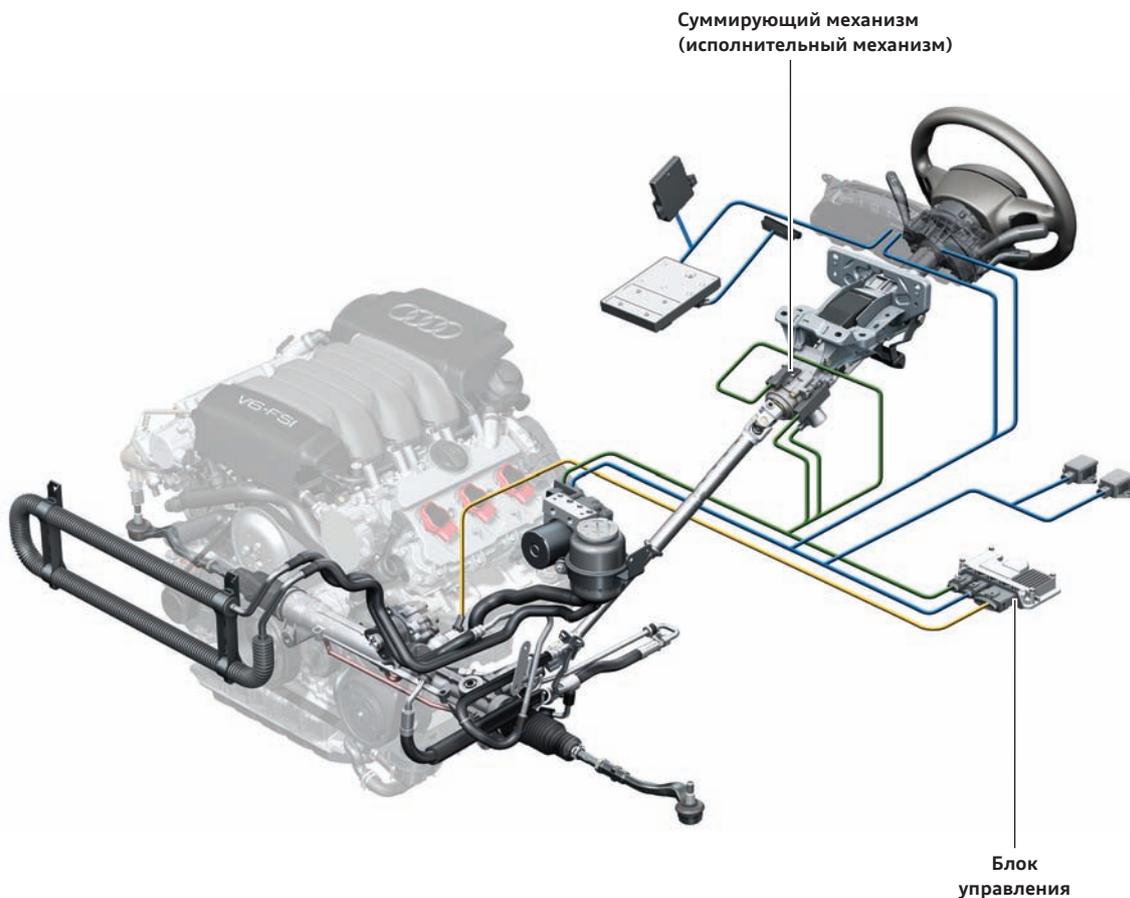
Динамическое рулевое управление

Автомобиль Audi A4 '08 первый из модельного ряда Audi получил динамическое рулевое управление. Эта система в состоянии поворачивать управляемые колёса независимо от водителя, что позволяет реализовать переменное передаточное отношение.

Во взаимодействии с системой ESC и её датчиками динамическое рулевое управление позволяет избежать аварий в критических дорожных ситуациях. В определённых динамических ситуациях своевременная коррекция угла поворота управляемых колёс может помочь автомобилю сохранить курсовую устойчивость. С помощью целенаправленного изменения угла поворота передних колёс динамическое рулевое управление поддерживает работу системы ESC, чтобы параметры динамики движения автомобиля не вышли за допустимые пределы.

Из этого следуют два существенных преимущества:

- ▶ Улучшение общей курсовой устойчивости автомобиля за счёт одновременного применения подтормаживания и подруливания, существенное повышение активной безопасности.
- ▶ В менее критических ситуациях предоставляется возможность частично или даже полностью отказаться от подтормаживания с помощью системы ESC, что делает поддержание курсовой устойчивости автомобиля более естественным и комфортным. При аналогичной курсовой устойчивости уменьшение подтормаживания колёс и использование подруливания улучшает манёвренность автомобиля, позволяет быстрее двигаться на дорогах с малым коэффициентом трения (например, по снегу).



475_115

Система ESP использует динамическое рулевое управление при избыточной и недостаточной поворачиваемости автомобиля, а также при торможении на дорожных покрытиях с разными коэффициентами трения под правыми и левыми колёсами (покрытие типа микст).



Дополнительная информация

Подробную информацию по устройству и работе динамического рулевого управления можно посмотреть в программе самообучения SSP 402.

В качестве примера совместной работы ESC и динамического рулевого управления ниже приводится пример стабилизирующего вмешательства систем при демонстрации автомобилем избыточной поворачиваемости.

Избыточная поворачиваемость автомобиля

При избыточной поворачиваемости система ESC стабилизирует автомобиль с использованием динамического рулевого управления. При этом система динамического рулевого управления поворачивает колёса в сторону развивающегося заноса задней оси, устраняя его.

Типичной ситуацией, при которой автомобиль легко оказывается в состоянии избыточной поворачиваемости, является быстрая смена полос движения.

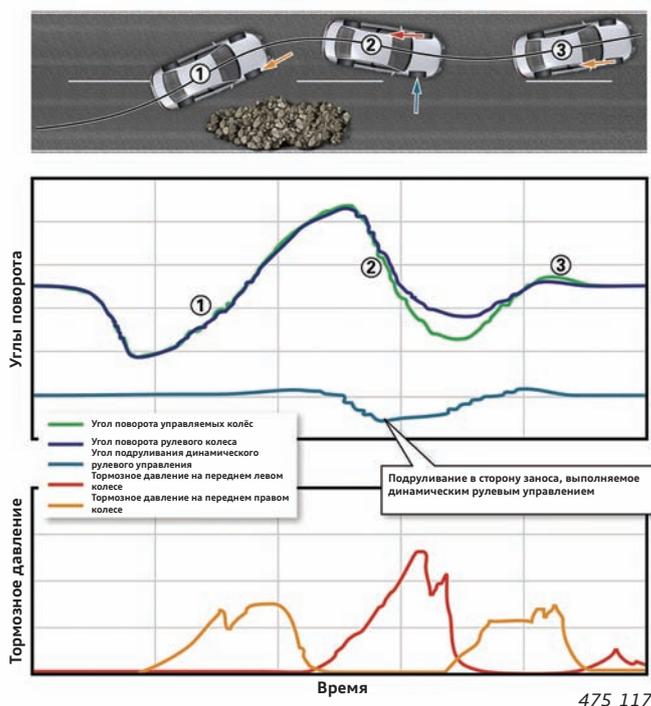
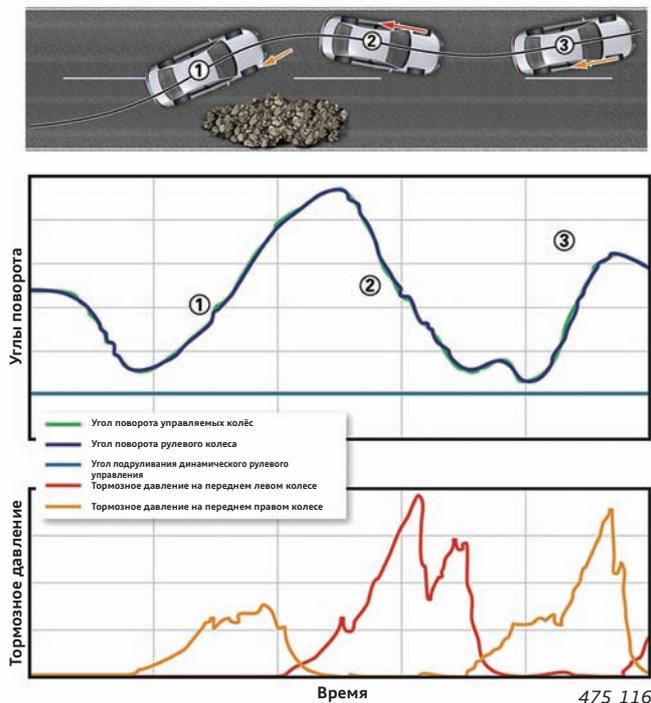
При рулении в направлении новой полосы движения задняя часть автомобиля может, особенно при высокой скорости движения, перейти в занос. Водитель в большинстве случаев делает стабилизирующее обратное движение рулевым колесом поздно или вовсе не успевает сделать его. Следствие — необходимость интенсивных подтормаживаний, выполняемых ESC, которые видны на графике как высокие пики тормозных давлений.

Система динамического рулевого управления автоматически и незаметно для водителя поворачивает управляемые колёса в сторону заноса.

Благодаря этому водителю не требуется поворачивать рулевое колесо для стабилизации автомобиля. Он должен лишь повернуть рулевое колесо на тот же угол, что и в дорожной ситуации при отсутствии заноса.

Соответственно, системе ESC приходится выполнять существенно меньшие подтормаживания. Это хорошо видно на нижнем графике — пики тормозных давлений на нём заметно ниже, чем на верхнем. Таким образом, при смене полосы движения, помимо лучшей курсовой устойчивости, достигается и большая скорость перестроения.

Стабилизирующие вмешательства в случаях недостаточной поворачиваемости, а также при торможении в условиях разного сцепления колёс с дорогой (микст) можно найти в программе самообучения SSP 402.



Driver Steering Recommendation (DSR)

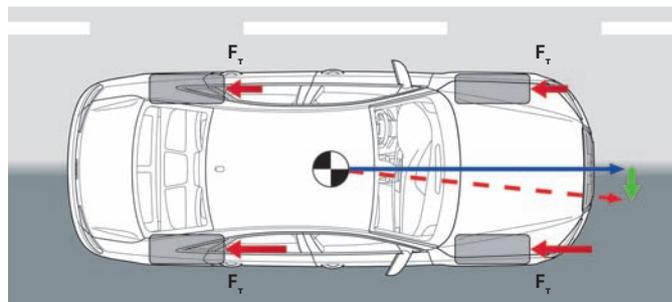
Эта функция служит для оказания поддержки водителю при торможении в ситуации, когда сцепление правых и левых колёс с дорогой оказывается различным из-за неравномерности дорожного покрытия. Обязательное условие для реализации функции DSR: автомобиль должен быть оснащён электромеханическим усилителем рулевого управления.

В показанном примере левые колёса автомобиля находятся на обледеневшем дорожном покрытии, а правые — на сухом асфальте. Соответственно, правые колёса могут воспринимать от дорожного покрытия большие тормозные силы. В результате при торможении возникает момент сил, стремящийся повернуть автомобиль вокруг вертикальной оси в направлении стороны с лучшим сцеплением колёс с дорогой.

В показанном примере автомобиль при торможении «тянет» вправо (т. е. разворачивает по часовой стрелке). Пунктирная красная стрелка показывает отклонение от желательного направления движения. Для того чтобы сохранить прямолинейное движение автомобиля, водитель должен компенсировать этот разворачивающий момент поворотом рулевого колеса в противоположную сторону (в приведённом примере влево).

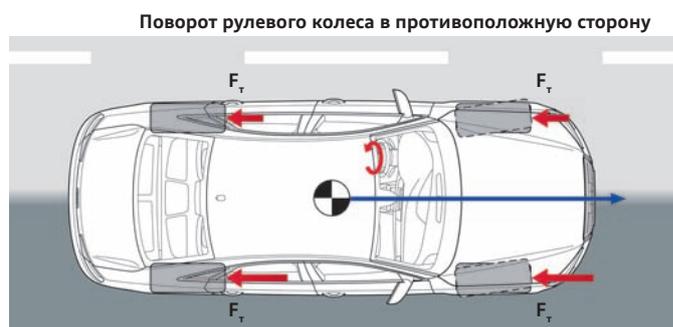
Функция DSR помогает водителю правильно это сделать. Она включает электрический рулевой механизм в общий процесс регулирования разворачивающего момента. На основании скорости движения автомобиля (определяется по сигналам датчиков частоты вращения колёс) и скорости поворота вокруг вертикальной оси (определяется по сигналу одноимённого датчика) блок управления ABS J104 вычисляет необходимый «вклад» рулевого управления. Блок управления J104 отправляет блоку управления J500 запрос на использование рулевого управления. Электродвигатель включается таким образом, чтобы обеспечить на зубчатой рейке кратковременное усилие, направленное в нужную сторону и не превышающее момента примерно 2–3 Нм на рулевом колесе. Такой рулевой импульс «подсказывает» водителю, в какую сторону нужно повернуть рулевое колесо. Хотя водитель, как правило, не воспринимает такой импульс осознанно, он, тем не менее, интуитивно поворачивает рулевое колесо в «правильном», стабилизирующем направлении.

DSR серийно устанавливается на выпускающихся в настоящее время моделях Audi A3, Audi Q3, Audi A6 и Audi A7. Функция реализуется за счёт дополнительного ПО в блоке управления ABS/ESC. Функция включается всегда, когда в ней есть необходимость, и не может быть отключена водителем.



475_118

➔ Отклонение от желаемого направления движения



475_119

↻ Поворот рулевого колеса

Приоритет работы систем

Под «собираемым термином» ESC понимаются, помимо собственно системы поддержания курсовой устойчивости ESC, также и различные «подсистемы», такие как EBV, ABS, EDS, ASR. Чтобы между разными системами не возникали конфликты, их работа должна быть согласована. При этом важнейшей целью является обеспечение безопасности.

Важной «базовой системой» является система электронного распределения тормозных усилий EBV. Эта функция важна потому, что перетормаживание колёс задней оси всегда ведёт к невозможности восприятия боковых направляющих сил и тем самым к утрате автомобилем курсовой устойчивости. Поэтому при наличии сбоев в работе EBV отключается в последнюю очередь.

Вообще, определить однозначно и единообразно для всех ситуаций, какая система обладает большим, а какая меньшим приоритетом, невозможно. В каждой конкретной динамической ситуации возникают свои потребности в работе тех или иных систем. Поэтому возможно, что работающие в один момент системы будут затем отключены в пользу других систем или несколько разных систем будут работать параллельно (одновременно) друг с другом. В большинстве динамических ситуаций, однако, наиболее высоким приоритетом обладает система поддержания курсовой устойчивости ESC.

Управление и индикация

Поскольку система ESC и её «подсистемы» — системы активной безопасности, важным элементом управления ими является невозможность для водителя изменять настройки, существенные для обеспечения безопасности. Далее будут показаны имеющиеся у водителя возможности управления этими системами, а также индикация, выводимая этими системами для водителя.

Единственным органом управления системой поддержания курсовой устойчивости ESC является клавиша ASR и ESC. Нажатием этой клавиши водитель может изменять характер работы систем ASR и ESC. Как именно при этом изменяется характер работы систем, зависит от конкретной модели автомобиля. В таблице ниже приведено действие клавиши на выпускающихся в настоящее время моделях Audi.

Модель автомобиля	Действие клавиши	Действие клавиши ASR и ESC
A1, A3*, S3, TT	Одноступенчатое	▶ Нажатие отключает ASR и ограничивает срабатывания ESC.
Q3	Одноступенчатое	▶ Нажатие отключает ASR.
Q5**, Q7, A4 allroad quattro, A6 allroad quattro	Одноступенчатое	▶ Нажатие включает внедорожный режим «offroad».
A4, A5, S4, S5	Двухступенчатое	▶ Нажатие меньше 3 с отключает ASR (на а/м с передним приводом возможно только до 50 км/ч, с 70 км/ч происходит автоматическое включение). ▶ Нажатие дольше 3 с отключает ASR и ESC (возможно только, когда отключён адаптивный круиз-контроль).
A6, A7	Одноступенчатое	▶ Нажатие переключает ESC в «спортивный режим». ▶ ASR на а/м с передним приводом продолжает действовать с ограничениями, на а/м с полным приводом quattro отключается. ▶ Срабатывания ESC ограничиваются.
A8	Одноступенчатое	▶ Нажатие переключает ESC в «спортивный режим». ▶ Срабатывания ESC ограничиваются.

* Действительно для Audi A3 '12.

** На Audi Q5 имеется функция автоматического распознавания внедорожных условий offroad. Распознавание происходит на основании анализа колебаний шин, которые в свою очередь устанавливаются на основании сигналов датчиков частоты вращения колёс. При нажатии клавиши ASR и ESC распознавание внедорожных условий offroad происходит быстрее, чем с помощью автоматического распознавания.



475_121

Клавиша ASR и ESC в Audi A7

Различное действие клавиши ASR и ESC объясняется различиями в динамических особенностях разных моделей. Отключение антипробуксовочной системы ASR имеет смысл, прежде всего, при трогании на рыхлом покрытии, при движении с цепями противоскольжения и при высвобождении застрявшего автомобиля «в раскачку». Повышенные значения проскальзывания в этих ситуациях улучшают реализацию тяговых усилий.

В зависимости от модели автомобиля при торможении, выполняемом водителем, выключенная система ESC может или включаться на время торможения, или нет. При запуске двигателя система ESC всегда автоматически включается, в том числе и если она ранее была выключена водителем. На некоторых моделях выключение системы ESC не происходит. Вместо этого при нажатии клавиши включается специальный «спортивный режим». В таком режиме допускаются большие углы увода, прежде чем произойдёт стабилизирующее срабатывание ESC.



475_094a

Клавиша ASR и ESC и выключатель ассистента трогания на подъёме в AUDI Q5

На моделях, предназначенных и для эксплуатации вне дорог с твёрдым покрытием, при нажатии клавиши ASR и ESC включается специальный внедорожный режим ESC — «Offroad». При этом устанавливаются пороги срабатывания систем ESC, обеспечивающие как можно лучшее в таких условиях создание тяговых усилий.

На Audi Q7 при включении внедорожного режима ESC «Offroad» включается и при необходимости может срабатывать и ассистент движения на спуске. На Audi Q5 для этого имеется отдельный выключатель.

На некоторых моделях и в некоторых комплектациях при определённых условиях возможно и принудительно включение отключённой водителем системы ESC. Это происходит при наличии таких сбоев в работе других систем (например, электронного регулирования демпфирования), которые могут привести к изменению динамических характеристик («поведения») автомобиля.

О текущем состоянии системы ESC и её подсистем при исправной работе (сбоев/ошибок нет) водителя информирует контрольная лампа ESC K155. После включения зажигания (кл. 15) сначала происходит проверка ламп, то есть контрольные лампы включаются примерно на три секунды. В это время выполняется внутренняя проверка системы.

Если система полностью исправна, контрольные лампы снова выключаются. После этого система ESC готова к работе. При срабатывании системы ASR или ESC контрольная лампа K155 мигает. После нажатия клавиши ASR и ESC контрольная лампа K216 загорается и горит до выключения зажигания или до повторного нажатия клавиши (действие клавиши см. на стр. 68).

Состояние системы	Состояние K118 тормозная система	Состояние K47 ABS	Состояние K155 ESC и ASR	Состояние K216 ESC и ASR	Примечание
Кл. 15 ВКЛ., проверка ламп					
Система исправна и готова к работе	Индикации нет	Индикации нет	Индикации нет	Индикации нет	
Срабатывание ASR/ESC	Индикации нет	Индикации нет		Индикации нет	K155 мигает
Нажата клавиша ASR и ESC	Индикации нет	Индикации нет	Индикации нет		При торможении ESC может автоматически включиться снова

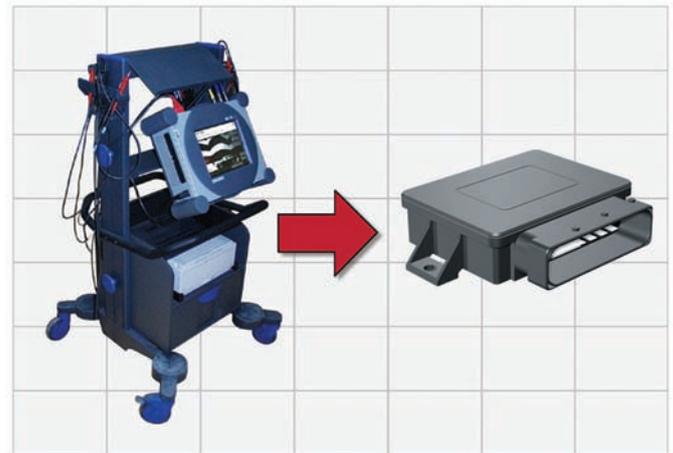
Техническое обслуживание

В рамках данного раздела приводится общий обзор работ по техническому обслуживанию, выполняемых с системами ESC. Поскольку используются системы различных производителей, к тому же модифицированные для установки на различных моделях, конкретные объёмы работ технического обслуживания могут отличаться.

Процесс адаптации может быть различным для разных моделей. Поэтому для получения подробной информации всегда необходимо использовать соответствующую сервисную литературу или сервисные системы.

Диагностика системы

Все устанавливаемые на выпускающихся в настоящее время моделях Audi системы ESC имеют функцию самодиагностики. Обо всех обнаруженных в рамках самодиагностики неисправностях в регистраторе событий делаются записи, которые можно считать с помощью соответствующего тестера. Кроме того, о наличии сбоев в работе систем водитель извещается контрольными лампами и текстовыми сообщениями.



475_123

Состояние системы	Состояние K118 тормозная система	Состояние K47 ABS	Состояние K155 ESC	Примечание
Сбой в работе ASR/ESC	Индикации нет	Индикации нет		EBV, EDS и ABS остаются включёнными
Сбой в работе ABS/ASR/EDS/ESC	Индикации нет			Аварийная функция EBV сохраняется
Полный отказ				Все системы выключаются — немедленно обратитесь на сервисное предприятие!

Снятие и установка/замена блока управления ABS/ESC и гидравлического блока

На всех моделях Audi A3 и Audi A8 блок управления и гидравлический блок могут быть отсоединены друг от друга. На этих моделях возможна отдельная замена одного блока управления. При неисправности гидравлического блока замене подлежит всегда весь узел в сборе (блок управления и гидравлический блок).

В приведённой на следующей странице таблице указаны работы, выполнение которых требуется после замены блока управления или всего узла ABS/ESC в сборе.

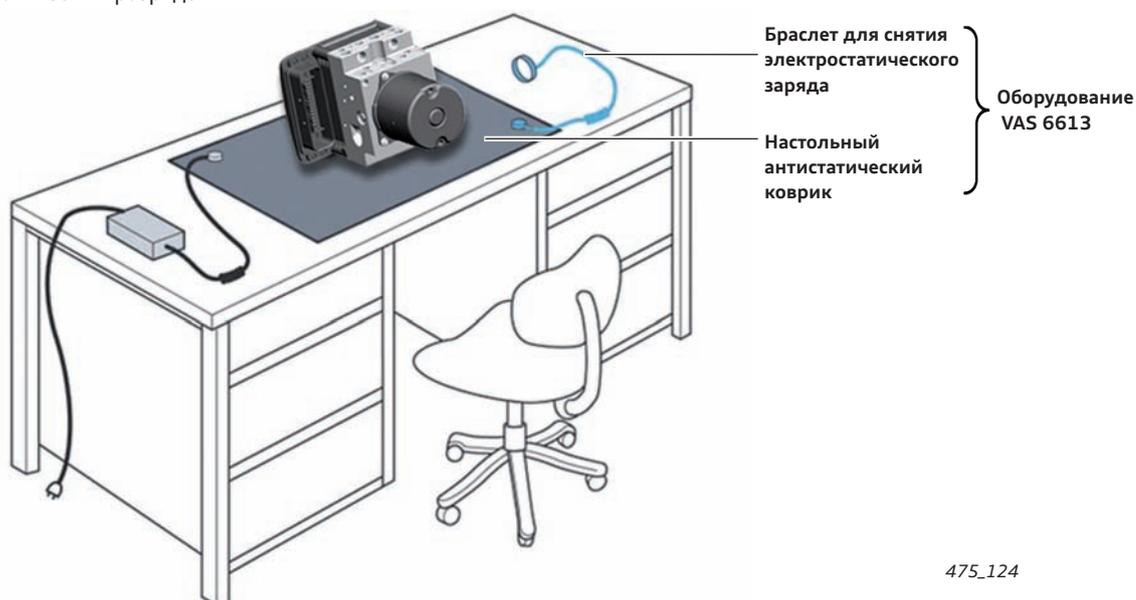
Модель автомобиля	Возможность отдельной замены блока управления	Необходимые работы после замены
A1	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — диагностика исполнительных механизмов
A3	Да	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — базовая установка впускных и разделительных клапанов — адаптация электронной блокировки межколёсного дифференциала — диагностика исполнительных механизмов — пробная поездка и проверка систем
Q3	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — выполнение адаптаций** — диагностика исполнительных механизмов
TT	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — диагностика исполнительных механизмов — пробная поездка и проверка систем
Q7	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — диагностика исполнительных механизмов — пробная поездка и проверка систем
A4 , A5, Q5	Нет	Прокачка — кодирование блока управления (онлайн) — диагностика исполнительных механизмов — пробная поездка и проверка систем
A6, A7	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчика угла поворота рулевого колеса — диагностика исполнительных механизмов
A8	Да	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчика угла поворота рулевого колеса — диагностика исполнительных механизмов
R8	Нет	Прокачка — кодирование блока управления — калибровка датчиков* — диагностика исполнительных механизмов — пробная поездка и проверка систем

*: Датчик угла поворота рулевого колеса, датчик давления в тормозной системе, датчики поперечного и продольного ускорения, датчик продольного ускорения устанавливаются только на а/м с полным приводом или с ассистентом трогания на подъёме.

Прокачка тормозной системы требуется всегда после того, как были отсоединены тормозные трубопроводы. Это является необходимым после снятия и установки гидравлического блока. Также и для отсоединения блока управления от гидравлического блока требуется полное снятие узла в сборе. На Audi A8 для снятия блока управления обязательно требуется рабочее место с защитой от электростатического разряда (оборудование VAS 6613), в противном случае блок управления может быть повреждён электростатическим разрядом.

** : Так как этот блок управления используется также и на других марках концерна, некоторые функции (например, поддержания курсовой устойчивости при движении с прицепом) необходимо после кодирования разблокировать с помощью соответствующих адаптаций.

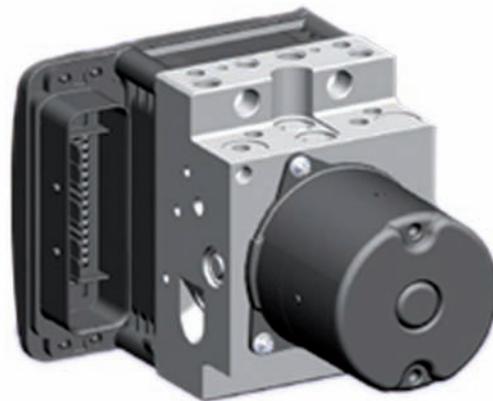
После установки гидравлического блока обязательно должна быть выполнена диагностика исполнительных механизмов. Это необходимо, чтобы убедиться в безошибочном подсоединении трубопроводов колёсных тормозных механизмов.



Кодирование нового блока управления ABS/ESC выполняется на всех выпускающихся в настоящее время моделях Audi в режиме онлайн. В ходе этой операции устанавливается онлайн-соединение с базой данных системы учёта обновлений ПО SVM (SVM = Software Versions Management). В этом случае кодировка передаётся в блок управления ABS/ESC без участия человека (и без вывода кодировки на дисплей тестера).

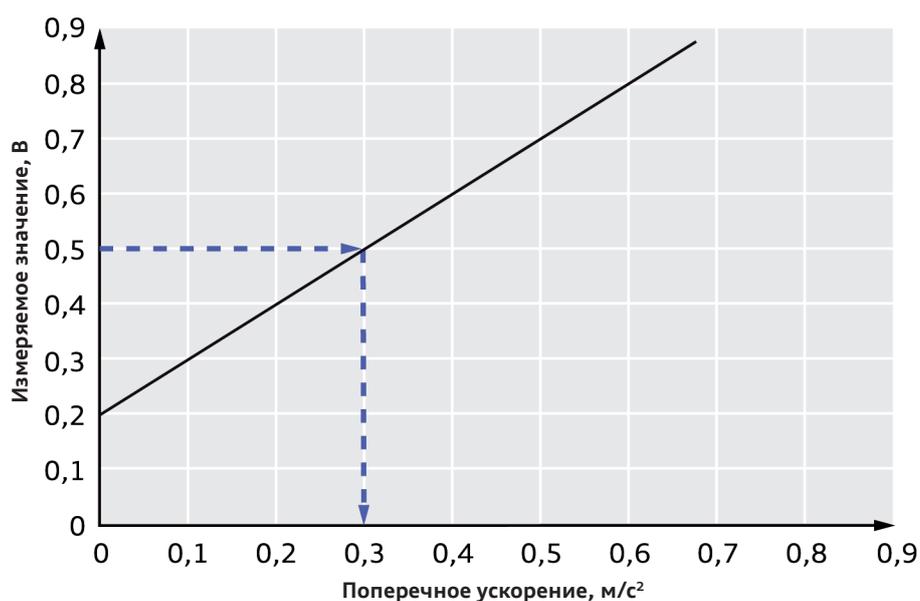
После кодирования блока управления ABS/ESC необходимо выполнить калибровку определённых датчиков, конкретный перечень которых зависит от модели автомобиля и исполнения ESC (см. таблицу на стр. 72). Чтобы правильно оценивать измеряемые величины (цифровые значения), поставляемые каким-либо датчиком, блок управления должен знать реальное физическое состояние этого датчика хотя бы для одного измеряемого значения. Характеристики датчиков изначально сохранены в блоке управления. Если блоку управления будет известно хотя бы одно соответствие измеряемого и реального значений, он может по любому другому измеряемому значению (сообщаемому датчиком) рассчитать соответствующее ему реальное (физическое) значение измеряемого параметра. В определении такой «опорной» пары значений и заключается смысл кодировки.

Рассмотрим принцип кодировки на примере (условной) характеристики датчика поперечного ускорения: Форма характеристики (в нашем условном примере — угол наклона графика) сохранена в блоке управления. Тем самым блок управления изначально «знает», какому реальному изменению поперечного ускорения соответствует изменение измеряемого значения (содержащееся в сигнале датчика), а с помощью калибровки «узнаёт», как соотносятся их абсолютные значения. При калибровке датчика ускорения автомобиль должен стоять неподвижно (реальное физическое состояние датчика: ускорение = 0).



475_029a

Блок управления считывает получаемое от датчика измеряемое значение и интерпретирует его как соответствующее неподвижному автомобилю (т. е. реальному значению поперечного ускорения = 0). В нашем условном примере измеряемое значение датчика при нулевом ускорении составляет 0,2 В и блок управления знает из сохранённой в нём характеристики, что каждому изменению измеряемого значения на 0,1 В соответствует изменение поперечного ускорения на 0,1 м/с². Теперь блок управления может для каждого измеряемого значения рассчитать соответствующее ему реальное значение поперечного ускорения. Например, получив от датчика измеряемое значение 0,5 В, блок управления определит, что поперечное ускорение составляет 0,3 м/с².

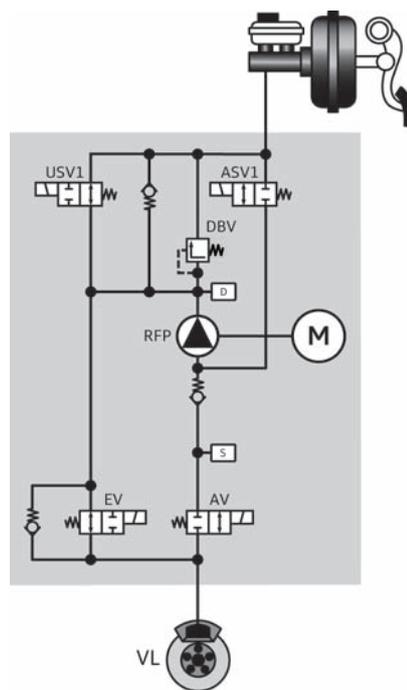


475_125

Выполнение пробной поездки и проверки систем после замены блока управления и (при необходимости) калибровки датчиков требуется на тех моделях, на которых значения поперечного/ продольного ускорений и скорости поворота вокруг вертикальной оси определяются блоком датчиков ESP G419. Пробная поездка и проверка систем нужны для контроля достоверности измеряемых значений датчиков. С этой целью должен быть выполнен определённый цикл движения. Блок управления «знает», какие манёвры выполняются в ходе этого цикла, и может с их помощью проверить поступающие от датчиков измеряемые значения, а также установить соответствие между ними.

Базовая установка впускных и переключающих (разделительных) клапанов на Audi A3:

В блоке ESC MK60EC, который устанавливается в выпускающей в настоящее время модели Audi A3 вплоть до модельного года 2012, в качестве впускных и переключающих (разделительных) используются специальные клапаны. Эти клапаны могут, в зависимости от управляющего электрического сигнала, реализовать различные пропускные сечения. Если блок управления может сниматься с гидравлического блока и заменяться отдельно, то после замены блока управления необходимо выполнить базовую установку клапанов. В ходе этой базовой установки определяется рабочая характеристика клапанов.



475_126

Адаптация электронной блокировки межколёсного дифференциала на Audi A3:

Если на Audi A3 имеется функция электронной блокировки межколёсного дифференциала, то после замены блока управления и выполнения кодирования требуется её адаптация. В ходе этой адаптации выполняется тонкая настройка функции электронной блокировки межколёсного дифференциала для работы с установленным в автомобиле двигателем.

Снятие и установка/замена блока датчиков ESP G419

После замены блока датчиков ESP G419 необходима калибровка датчика поперечного, а в соответствующих случаях и продольного ускорения. Точные характеристики датчиков в новом блоке всегда несколько отличаются от заменённого вследствие допусков при изготовлении. К этому добавляются также и допуски при установке блока датчиков в автомобиле.



475_127

Снятие и установка/замена блока управления датчиков системы регулирования динамики движения J849

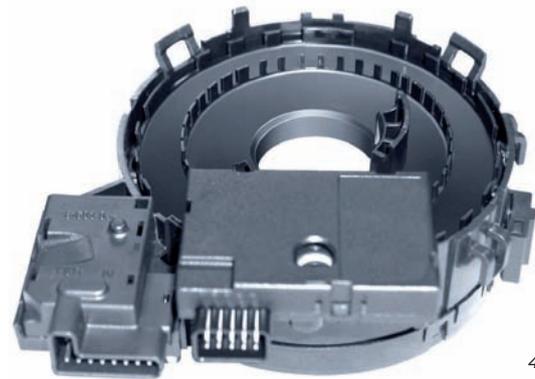
После замены блока управления J849 требуется его калибровка. Для этого автомобиль должен стоять на ровной горизонтальной поверхности. При таком положении автомобиля блок управления ABS/ESC считывает измеряемые значения датчиков и сохраняет их как состояние «неподвижный автомобиль». Поскольку в блоке управления ABS/ESC сохранены характеристики датчиков, впоследствии блок управления может рассчитать для любых других измеряемых значений параметры реального движения автомобиля или пересчитать их реальные физические значения.



475_128

Снятие и установка/замена датчика угла поворота рулевого колеса G85:

После замены датчика угла поворота рулевого колеса необходима его калибровка. Обязательное условие: блок управления ESC должен быть кодирован. Процесс калибровки начинается с определённого вращения рулевого колеса механиком. В зависимости от модели автомобиля затем может понадобиться короткая пробная поездка, в ходе которой измеряемые значения датчика сравниваются с сигналами датчиков частоты вращения колёс. На основании этого сравнения определяется «нулевое положение» датчика (сигнал датчика при прямолинейном движении автомобиля). Этот «нулевой сигнал» служит в дальнейшем опорной точкой для пересчёта произвольных измеряемых значений датчика в реальные значения угла поворота рулевого колеса. На Audi Q7 при отключении датчика от АКБ (клемма 30) его калибровка «утрачивается». То есть и после этого также требуется описанная выше калибровка датчика.



475_129

Системы ESC, устанавливаемые в различных выпускающихся на настоящее время моделях Audi

Модель автомобиля	Система ESC
A1	Bosch 8.2
A3, S3	Continental MK 60 EC
TT	Continental MK 60 E1
Q3	TRW 450
A4, S4, A5, S5, Q5	Bosch 8.1
Q7	Continental MK 25
A6, A7, A8	Bosch Premium
R8	Bosch 8.0

Контрольные вопросы

В приведённых вариантах ответов правильными могут быть один или несколько вариантов.

Вопрос 1. Какие силы могут передаваться в пятне контакта между колесом и дорожным полотном?

- a) Только сила тяжести автомобиля и боковые направляющие силы.
- b) Только силы, действующие в продольном и поперечном направлениях.
- c) Сила тяжести автомобиля, боковые направляющие силы, силы тяги и торможения.

Вопрос 2. В чём заключается основное назначение антиблокировочной системы тормозов ABS?

- a) ABS обеспечивает оптимальные условия тяги.
- b) ABS сокращает тормозной путь.
- c) ABS ограничивает тормозное давление, чтобы в пятне контакта оставался потенциал для передачи боковых направляющих сил.
- d) ABS обеспечивает при торможении сохранение управляемости автомобиля.

Вопрос 3. С помощью каких основных функций осуществляются срабатывания системы ESC?

- a) Уменьшение и увеличение крутящего момента двигателя.
- b) Поддержание давления, уменьшение давления и увеличение давления.
- c) Уменьшение и увеличение цикловой подачи, а также изменение угла опережения зажигания.

Вопрос 4. Почему система электронного распределения тормозных усилий EBV является одной из важнейших, обеспечивающих безопасность автомобиля?

- a) EBV предотвращает перетормаживание передних колёс. В результате автомобиль сохраняет управляемость в любой ситуации.
- b) EBV предотвращает перетормаживание задних колёс.
- c) EBV предотвращает слишком большое проскальзывание ведущих колёс на а/м с передним приводом.
- d) EBV предотвращает занос задней оси автомобиля.

Вопрос 5. Какие дополнительные по сравнению с системой ABS датчики требуются для работы ESC?

- a) Датчики для регистрации угла поворота рулевого колеса, поперечного и продольного ускорения, а также скорости поворота автомобиля вокруг вертикальной оси.
- b) Датчики для регистрации ускорения кузова автомобиля.
- c) Датчики для регистрации частоты вращения колёс и тормозного давления.

Вопрос 6. Где на выпускающихся в настоящее время моделях Audi могут устанавливаться датчики поперечного и продольного ускорения, а также скорости поворота относительно вертикальной оси?

- a) Эти датчики устанавливаются только в блоке датчиков ESP G419.
- b) Эти датчики устанавливаются только в блоке датчиков G419 и в блоке управления датчиков системы регулирования динамики движения J849.
- c) Эти датчики устанавливаются только в блоке управления J104.
- d) Эти датчики могут быть установлены в блоке датчиков G419, в блоке управления электроники датчиков J849, в блоке управления ABS/ESC J104 или в блоке управления электромеханического стояночного тормоза J540 в зависимости от конкретной модели.

Вопрос 7. Какое из высказываний верно?

- a) Порог срабатывания гидравлического тормозного ассистента НВА на автомобилях с адаптивным круиз-контролем зависит от текущей дорожной ситуации.
- b) Оснащён ли автомобиль адаптивным круиз-контролем или нет, не оказывает ли никакого влияния на порог срабатывания гидравлического тормозного ассистента НВА.
- c) На автомобилях с адаптивным круиз-контролем гидравлический тормозной ассистент НВА отключается. Выполнение функций НВА принимает на себя адаптивный круиз-контроль.

Вопрос 8. Каким преимуществом обладает электронная блокировка межколёсного дифференциала по сравнению с электронной блокировкой дифференциала EDS?

- a) Никаким.
- b) Электронная блокировка межколёсного дифференциала включается, когда критическое проскальзывание колёс ещё отсутствует.
- c) Тормозные давления при включении электронной блокировки межколёсного дифференциала заметно ниже, чем при срабатывании EDS.

Вопрос 9. Автомобиль оснащён системой контроля давления в шинах RKA. Водитель увеличил давление в шинах перед поездкой в отпуск. Должен ли водитель выполнить какие-либо ещё действия с системой?

- a) Ничего больше делать не нужно.
- b) Водитель должен обратиться на ближайшее сервисное предприятие, чтобы выполнить адаптацию новых давлений в шинах с помощью тестера.
- c) Водитель должен сохранить изменённые давления в шинах через MMI или с помощью соответствующей клавиши, чтобы система могла использовать их как номинальные.

Вопрос 10. Какая реакция системы вызывается нажатием клавиши ASR и ESC?

- a) ASR на всех моделях Audi выключается, ESC остаётся работать без ограничений.
- b) ASR и ESC отключаются на всех моделях Audi.
- c) Реакция системы не будет одинакова для всех моделей Audi.
- d) Реакция системы зависит, помимо прочего, от назначения автомобиля. Например, на автомобилях, предназначенных для использования на дорогах без твёрдого покрытия, в результате включается внедорожный режим «offroad».

Вопрос 11. Для чего после установки гидравлического блока ABS/ESC нужно обязательно выполнять диагностику исполнительных механизмов?

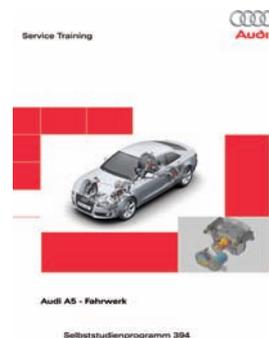
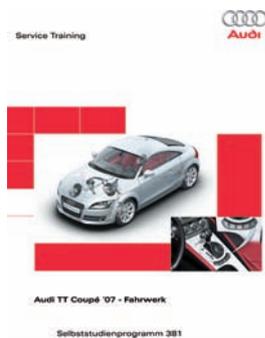
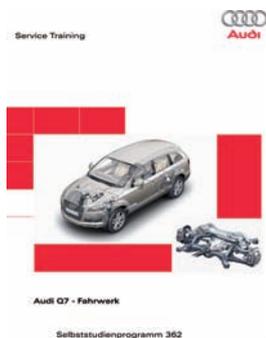
- a) Для калибровки датчиков тормозного давления, поперечного и продольного ускорения.
- b) Для калибровки датчика угла поворота рулевого колеса.
- c) Чтобы убедиться в безошибочном подсоединении трубопроводов колёсных тормозных механизмов.

Вопрос 12. Для чего служит пробная поездка и проверка систем?

- a) Для контроля достоверности измеряемых значений, получаемых от датчиков поперечного и продольного ускорения, а также от датчика скорости поворота относительно вертикальной оси.
- b) Для калибровки датчика угла поворота рулевого колеса.
- c) Для проверки работы системы ESC.

Программы самообучения

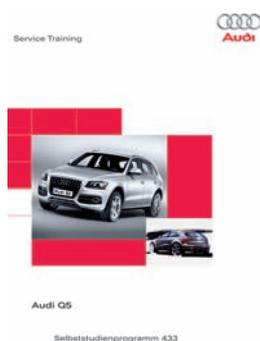
Дополнительную информацию по системам поддержания курсовой устойчивости ESC в автомобилях Audi можно найти в следующих программах самообучения:



SSP 362 Audi Q7 — Ходовая часть, номер для заказа: A05.5S00.15.00.

SSP 381 Audi TT Coupé '07 — Ходовая часть, номер для заказа: A06.5S00.26.00.

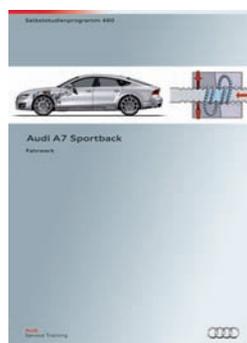
SSP 394 Audi A5 — Ходовая часть, номер для заказа: A07.5S00.36.00.



SSP 433 Audi Q5, номер для заказа: A08.5S00.49.00.

SSP 458 Audi A8 '10 — Ходовая часть, номер для заказа: A10.5S00.62.00.

SSP 477 Audi A1, номер для заказа: A10.5S00.70.00.



SSP 480 Audi A7 Sportback — Ходовая часть, номер для заказа: A10.5S00.73.00.

Все права защищены, включая право на технические изменения.

Авторские права

AUDI AG

I/VK-35

service.training@audi.de

AUDI AG

D-85045 Ingolstadt

По состоянию на 07/12

© Перевод и вёрстка ООО «Фольксваген Груп Рус»

A11.5S00.79.75